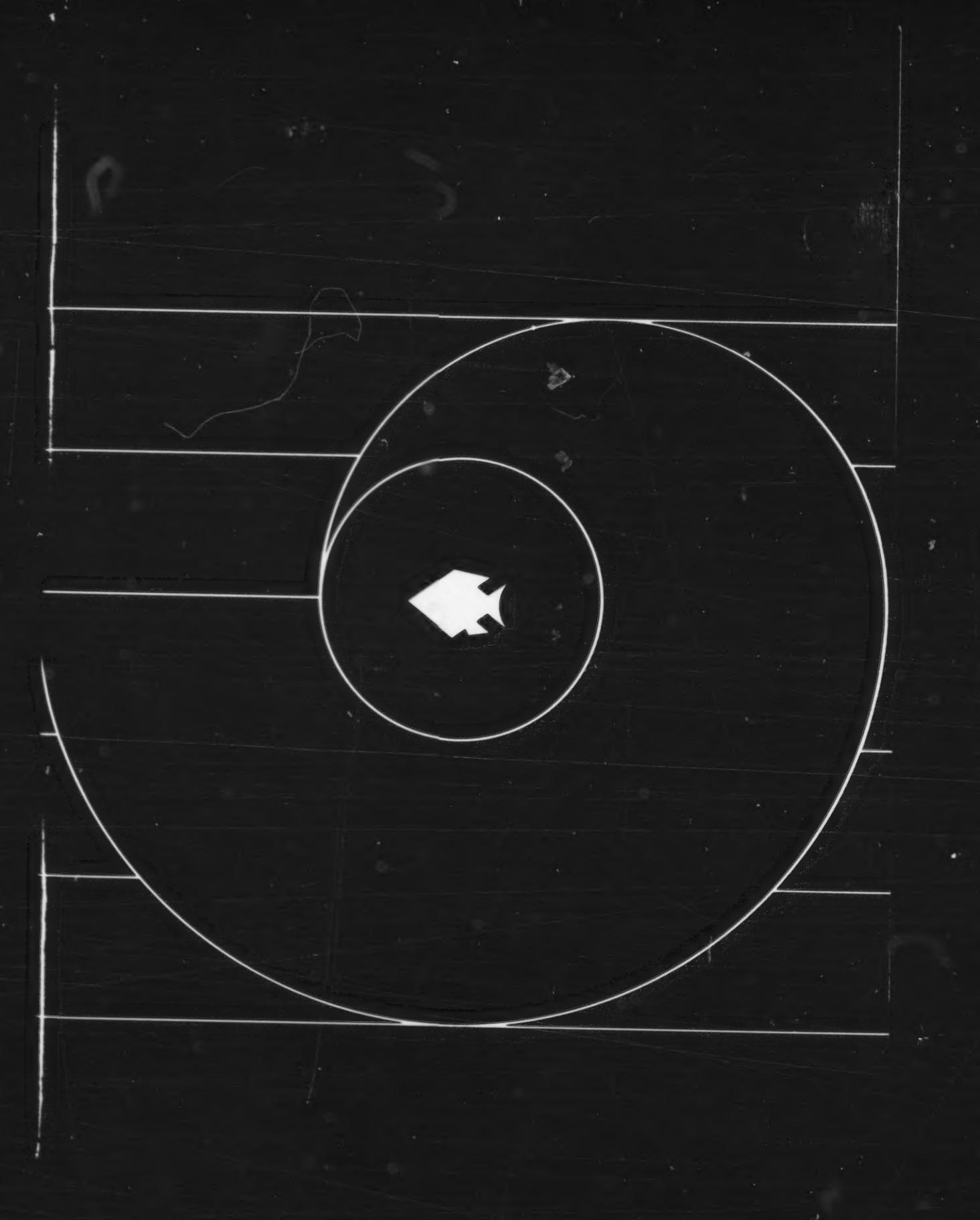


86-03081/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

Report No. 2 — The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements. By W. E. Ricker.

Report No. 3 — Science for Canada's Shelf-Seas Fisheries. By H. A. Regier and F. D. McCracken.

Report No. 4 — Biological Oceanography in Canada: A Perspective and Review. By T. R. Parsons.

Report No. 5 — Natura Naturans: A Symposium on the Fry Paradigm.

Report No. 6 — Structured Aquaculture Development with a Canadian Perspective. By G. I. Pritchard.

Report No. 7 — Science for the Scattered Fisheries of the Canadian Interior. By H. A. Regier.

Report No. 8 — Physical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Report No. 9 — Chemical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Report No. 10 — Science for Canada's Fisheries Rehabilitation needs. By K. H. Loftus.

Report No. 11 — Science for Canada's Atlantic Inshore Seas Fisheries. By F. D. McCracken and R. S. D. Macdonald.

Report No. 12 — Aquatic and Environmental Quality: Problems and Proposals. By. H. H. Harvey.

Report No. 13 — Aquatic Environmental Quality: Toxicology. By R. D. Hamilton.

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0E6

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

© Minister of Supply and Services Canada 1977

Available by mail from:

Printing and Publishing
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

or through your bookseller

Catalog No. Fs 97-10/14
ISSN 0384-3149

Price: Canada $3.00
Other countries $3.60

Price subject to change without notice

Toward a Relevant Science: Fisheries and Aquatic Scientific Resource Needs in Canada[1,2]

H. F. FLETCHER

Department of Fisheries and the Environment, Planning and Finance Service, Office of the Science Advisor, Ottawa, Ont. K1A 1C7

Contents

Abstract/Résumé 2
1. INTRODUCTION 2
   1.1 The Current Global Dilemma
   1.2 Purpose of the Study
2. THE SCIENCE POLICY SYSTEM 3
   2.1 The Make-or-Buy Policy
   2.2 University Research Support Policy
   2.3 A Deficiency in Science Policy
3. IMPLICATIONS OF SCIENCE POLICY FOR FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES 8
   3.1 Relevance
   3.2 Signals of Change
   3.3 Pattern of Change
   3.4 Institutional Factors
4. ORDERING A SYSTEM 11
   4.1 Harvest Management
      4.1.1 The Gulf of St. Lawrence Project
      4.1.2 The Salmon Enhancement Program
      4.1.3 Lake Management
      4.1.4 Social Science Backup
      4.1.5 Institutional Aspects and Management Implications
      4.1.6 Management Aspects
   4.2 Aquaculture
   4.3 Utilization
   4.4 Aquatic Environmental Quality
   4.5 Other Subsystems
   4.6 Summary
5. THE UNIVERSITY COMMUNITY 20
   5.1 An Emerging Role
   5.2 Shifts in Emphasis
   5.3 Federal Response
   5.4 The Focus on Discipline
   5.5 Education Needs for Science in Resource Management
   5.6 Enquiry Systems
   5.7 Summary
6. TOWARD A "RELEVANT" UNIVERSITY SUPPORT PROGRAM 23
   6.1 The Present Situation
   6.2 Elements of a "Relevant" University Policy
   6.3 Prescription
   6.4 Training for Future Demands
7. SUMMARY 27
8. REFERENCES 28

[1] Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1977, 34(7): 1046–1074.

[2] This report was prepared under contract for the Fisheries Research Board of Canada. The views expressed are those of the author and not necessarily those of the Board.

Abstract

FLETCHER, H. F. 1977. Toward a relevant science: fisheries and aquatic scientific resource needs in Canada. FRB Report No. 14: 29 p.

Recent shifts in science policy express an increased demand for scientific activities that are relevant — that will enhance the policy and management decision process for the benefit of Canadians. The implications of the increased focus on relevance to the fisheries and aquatic scientific community are discussed and measures to strengthen science in this new operating context are described.

It is concluded that an effective scientific effort will increasingly depend on the effectiveness of resource and environmental policy and planning. Arising from this conclusion is the need to develop a more orderly system of transferring scientific knowledge into the decision process. The application of applied systems analysis techniques is discussed as one solution.

It is also argued that more effective use of the knowledge of the human and social sciences is imperative to an effective synthesis of natural science knowledge. The synthesis of knowledge leading to policy or management decision alternatives can be subjected to rigorous testing against present scientific understanding or can be systematized within the constraints of existing institutional arrangements. The former describes interdisciplinary research; the latter, planning. Current perceptions of resource and environmental problems point to a need for developing interdisciplinary research programs, for strengthening the planning activity, and for establishing strong links between them. The role of the university community in interdisciplinary research is emphasized and prescriptions for strengthening this role and linkages with government and other client groups are outlined. An increased focus on interdisciplinary research in universities has significant implications in meeting educational needs for the future.

Résumé

FLETCHER, H. F. 1977. Vers une science pertinente: Besoins en ressources scientifiques halieutiques et aquatiques au Canada. FRB Report No. 14: 29 p.

De récents changements dans la politique des sciences révèlent une demande accrue d'activités scientifiques pertinentes — qui rehausseront, au profit des Canadiens, le processus de décision touchant les politiques et la gestion. L'auteur analyse les implications, pour les pêches et la communauté scientifique aquatique, d'une plus grande attention accordée à la pertinence, et il décrit les mesures visant à renforcer la science dans ce nouveau contexte opérant.

Il en vient à la conclusion qu'un effort scientifique efficace dépendra de plus en plus de l'efficacité de la politique et de la planification relatives aux ressources et à l'environnement. De cette conclusion découle le besoin de développer un système plus ordonné de transfert des connaissances scientifiques dans le processus de décision. On examine l'application des techniques d'analyse systémique appliquée comme étant une solution.

L'auteur raisonne également sur la nécessité de se servir efficacement des connaissances en sciences humaines et sociales pour en arriver à une synthèse efficace des connaissances en sciences naturelles. La synthèse des connaissances conduisant aux diverses alternatives de décision quant aux politiques ou à la gestion peut être soumise à une rigoureuse épreuve contre nos connaissances scientifiques actuelles ou systématisée dans les limites des contraintes imposées par les institutions existantes. Dans le premier cas, il s'agit d'une recherche interdisciplinaire; dans le second, de planification. Ce que l'on perçoit présentement des problèmes touchant les ressources et l'environnement fait ressortir le besoin de développer des programmes de recherches interdisciplinaires, de renforcer l'activité de planification et d'établir de solides liens entre les deux. On souligne le rôle de la communauté universitaire dans la recherche interdisciplinaire et on esquisse des moyens de renforcer ce rôle ainsi que les liens avec le gouvernement et autres groupes de clients. Le fait d'attacher plus d'importance à la recherche interdisciplinaire dans les universités a d'importantes implications sur les besoins éducationnels de l'avenir.

1. Introduction

1.1 The Current Global Dilemma

At the time of writing, a notice for the second annual conference of the Canadian Association for the Club of Rome arrived. The theme of the 1976 Conference, "Long Range Planning and Consensus in the Modern Society," is highly pertinent to this study. In a descriptive commentary, reference is made to the difficulty that political structures, private institutions, and other power groups throughout the world have in ad-

justing to unprecedented challenges. It goes on to say, "One thing is certain: — if present trends are allowed to continue, mounting economic problems and social disorders will ensue at national and international levels. One alternative is to resort to imperative planning, which involves overall control and compulsion — incompatible with liberal democracy and traditional freedom. The second alternative is indicative planning, which involves active participation from private and public decision-makers on a basis of consensus and consent. But is this kind of democratic planning possible? Can it be effective in a modern society engaged in the struggle for contending appetites?"

We are perhaps on the verge of moving beyond imperative or indicative planning options to planning models that highlight the facilitating role of governments to assist desegregated, more decentralized decision-making and more direct participation by scientists in the normative process.

The issues confronting civilization are well known[3] — a burgeoning population; limited food production, storage, and distribution; depletion of resources in the face of increasing demand around the globe; and environmental degradation (Johnson 1975). The problems are basically human and social in character. The analysis of doomsayers and that of advocates of continued rapid economic growth and the "technological fix" represent two extremes in a spectrum of ideological viewpoints that, in varying degrees, influence our lives, our policy decision processes, our economy, and the effectiveness of our institutions. The fear of change and uncertainty fosters in many a strong tendency to retrench, to hold to former values and ways, and to solve new problems with old approaches and institutional arrangements. Science, along with other activities of man, is caught up in the current dilemma and the inertia of the scientific institutions has paralleled the inertia of other power structures.

This is the context in which we find ourselves: a context ripe for exploiting the intellectual and inventive capabilities of citizens toward the definition and solving of "wicked problems" (Rittle et al. 1973). Surely, in response to increasing complexity, it is imperative that scientific knowledge — both natural and social — be integrated to shed new light on such problems and on ways and means in which they might be attacked. If science is to be used effectively to enhance our ability to manage resources, we cannot continue to assume that there is an invisible wall between ecology and political science or that the benefits derived from past decades of specialization and reductionist approaches necessarily justify prime emphasis on these in the future.

[3]Well known but not well understood in a prescriptive sense. Indeed, such Malthus-like statements are too often used to justify inappropriate actions.

1.2 Purpose of the Study

The present study was undertaken for the Standing Committee on Scientific Resources of the Fisheries Research Board of Canada. The prime aim of the study was (1) to assess the overall fisheries and aquatic scientific community in Canada as to its capability to meet short- and long-term requirements and to determine if resources were being put to good use, and (2) to examine institutional and management approaches to ensure that the input of fisheries and aquatic science is being used in decision-making. The study was conducted in parallel with another by Caissie and Willmer (1976) which focused on a description of the existing situation.

This paper is strongly biased toward the thinking reflected by recent authors of studies undertaken for the Fisheries Research Board, particularly those of H. A. Regier, F. D. McCracken, R. D. S. Macdonald, G. I. Pritchard, and K. H. Loftus. It is interesting that each of these individuals has arrived at similar conclusions about the problem facing science and society. Perhaps the present author has said only what they have said already in a different way; perhaps he has added something from his analysis and experience. In any event, there is no doubt that we are all groping with a pervasive problem that deeply involves science, but that can be solved only by looking at science in relation to factors that influence science. The problem will not become fully clear as a result of studies such as this, albeit they can perhaps provide some direction; rather, clarity will result from setting processes in motion — by action, experimentation, and evaluation. As stressed in the report, there is ample opportunity to initiate such processes and to support those that have already been initiated.

2. The Science Policy System

The success of science in developing war technology during World War II and the subsequent "boom" in public demand for sophisticated technology fostered the growth of science, and within science, of specialization. The science and technology snowball has resulted in the formation of a myriad of disciplinary scientific institutions that have served to enhance communication within each specialty. During the 1940s and 50s, public expectations about the ability of scientists and technologists to solve man's problems were high;

too high — science and technology had been oversold. Partly as a result of the realization that the specialist model of science and technology could not solve many social and economic problems that were of increasing concern, scepticism about science and technology developed during the 60s. This has been fueled by the negative social and environmental effects brought about by the use of technology, a use too frequently engendered by the presence of technology rather than consideration of its impact upon society. Undoubtedly the exponential rate of increase in scientific effort (a doubling every 10–15 years in England) and the consequent cost has also had a significant bearing on the public attitude toward science and technology (MacDonald 1969). In varying degrees these factors have stimulated and fed the science debate begun in Canada by the Glassco Commission in 1960–63. In the latter part of the 1960s, the debate picked up tempo with numerous studies being undertaken. The formation of the Ministry of State for Science and Technology (MOSST) in the Government Reorganization Act of 1971, the subsequent promulgation of the Make-or-Buy policy and the Unsolicited Proposals addendum have been explicit political reactions to the "public" concern about science and technology and the various reports dealing with the subject, particularly those of the Senate Committee Special Study on Science Policy.

A major challenge of the Senate Committee was to help develop a coherent policy to enable Canada to meet its economic objectives more effectively and to more realistically face social problems. Following the Senate Committee recommendations, MOSST has given high priority to industrial and trade issues as reflected in the Make-or-Buy policy, which is designed to lower the proportion of research and development (R&D) performed in government departments and to increase it in the industrial sector.

The development of a science policy framework to define the essential roles of the federal government in the field of science has been slow in developing, largely due to the insistence by many authorities that science should be viewed apart from, rather than as part of, other activities of man. It is agreed at this point in time by the federal cabinet that science policy includes the sum of policies in three areas (courtesy of the Ministry of State for Science and Technology):

(a) Policies for the support of science, which include the support of postgraduate university research, arrangements for scientific representation abroad, the support of Canada's participation in international scientific organizations, the provision of scientifically trained man-power, the dissemination of scientific information, and the provision of certain basic research facilities by government.

(b) Policies for the application of scientific and technological resources, including policies developed within the departments and agencies for the use of science and technology in support of their objectives, policies developed through cooperative inter-departmental means for the achievement of broad multidepartmental objectives having a high technological content, and policies to govern procedures involved in the use of science and technology (e.g. Make-or-Buy policy).

(c) Science in public policy, which includes participation of scientifically trained personnel through the development of long-term national strategic policies and the introduction of scientific knowledge, analysis, and methodology into the planning activity.

Issues and problems associated with the government–university interface are currently under investigation. These include trends in employment of persons with postgraduate training, effects of inflation, and the question of indirect costs of research. The general position at the present time is that the level of support provided by the government in any particular scientific discipline, including the support of graduate students, should be responsive to forseeable demands for research trained graduates. To date, with the exception of the Make-or-Buy policy, government intentions or policies governing procedures relating to the use of science and technology resources are implicit. Many changes in respect of the announced government intentions have been initiated; however, intentions will not likely be translated into effective action until funds are made available.

2.1 The Make-or-Buy Policy

The response of the Department of Fisheries and the Environment (DFE) and the Fisheries and Marine Service (FMS) to the Make-or-Buy policy since its initiation in 1972 is shown in Fig. 1.

Commensurate with this increase in contracted research, which is primarily in the private sector, there has been a decrease (in terms of purchasing power) in National Research Council funding to universities (Fig. 2). Likewise, the support of university research through departmental grants programs has decreased (Fig. 3). To some extent this decrease in university funding through subventions and grants has been picked up through increased contracted research. However, the latter

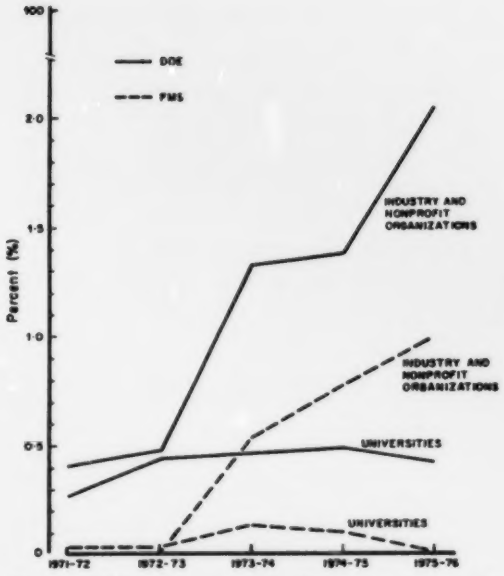


FIG. 1. R&D contract expenditures in DOE and FMS — percentage of total expenditure.

is primarily for applied research and technology development.

The Make-or-Buy policy concerns R&D requirements in the natural sciences to satisfy departmental R&D needs by placing contracts for them in industry (Buy) rather than by satisfying them using government employees and facilities (Make). All new R&D requirements and replacement or expansion of laboratories are covered by the policy and the decision whether or not the R&D requirement ought to be done in-house is made according to the following criteria:

(1) Where questions of security prohibit industrial involvement;

(2) Where R&D is inappropriate to industry or where no suitable industrial capability exists in Canada;

(3) Where the in-house R&D is essential to provide direct support to a regulatory function and associated planning activities and where no private firms, independent of the firms being regulated, exist or can be created;

(4) Where the in-house R&D is essential to the development and maintenance of a set of national primary standards;

(5) Where the R&D is essential to establish and maintain a limited in-house competence sufficient to assess the opportunities represented by the current state of the art, to enable departments to perform their mission and manage its contract research in industry; and

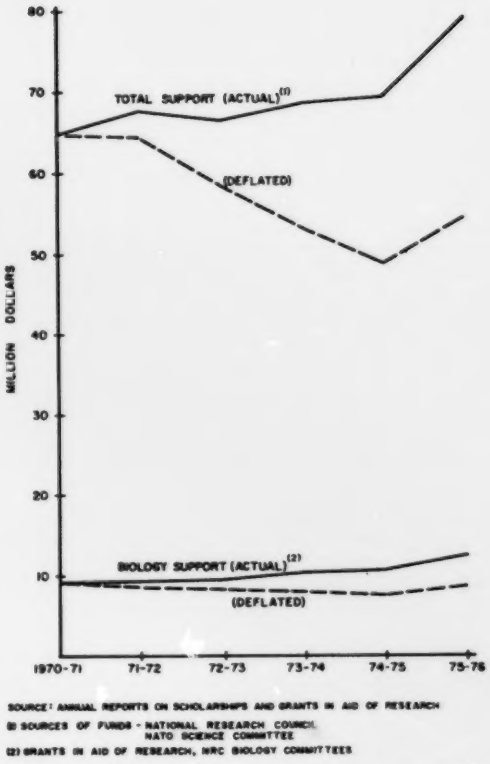


FIG. 2. NRC university research support program. (Courtesy Statistics Canada — Correction for inflation using the Implicit Price Index (IPI). The IPI covers the entire range of goods and services produced and sold in the economy and is the most comprehensive of all indicators. However, it may not accurately represent the magnitude of the inflationary impact on science, but indicates the general trend.)

(6) Where the conduct of the R&D is necessary to the effective support and operation of in-house capital facilities that provide actual testing and research services necessary to Canadian industry.

The policy does not explicitly exclude the university community, but in practice contracts are awarded only to universities where no suitable industrial capability exists. Although the policy is a "natural science" policy, social science R&D is not explicitly excluded and some contracts are awarded for social science research.

While the policy has resulted in yet another "layer of administration" and the necessity of adapting to a set of contracting and decision procedures, it is too early yet to determine the real benefit of the policy in relation to its objectives.

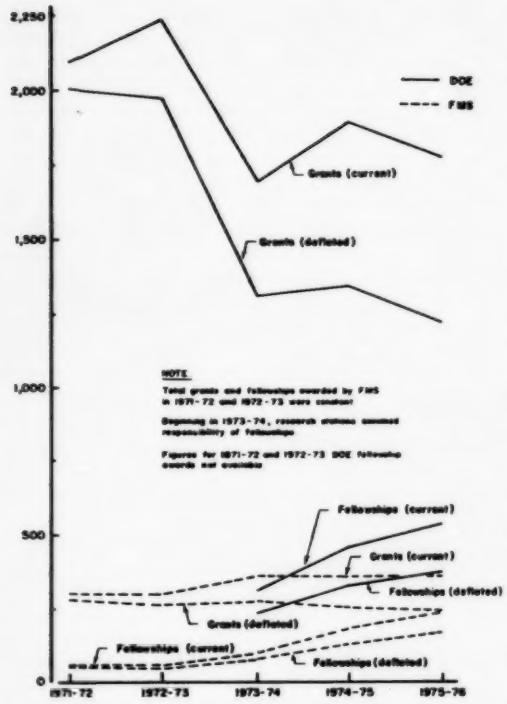


FIG. 3. Grants and fellowships awarded by DOE and FMS, 1971–76. (To provide a proper perspective, the 1975–76 expenditures for DOE represented .004% of the total budget and for the FMS .002% of the total budget. For fellowships, the comparative percentages are .001 and .002%, respectively.

The major complaint frequently voiced by federal officials during the first 2 years, was that the development and supervision of contracts required an excessive expenditure of time by departmental scientists or professionals. As administrative details have been smoothed out in departments, and particularly in Supply and Services Canada, some managers now admit that such involvement serves to clarify objectives and changes the focus of the R&D program concerned, in addition to developing useful liaison and coordination with the industrial sector. Another complaint was the paucity of expertise in the industrial sector capable of responding effectively to needs. This problem has diminished in some areas as new sources have developed and competition has increased. However, in areas where meticulous work is required, results are often disappointing or require an excessive amount of supervision.

A limit to buying as opposed to making is reached in practice as a result of financial and personnel resources consumed in developing and supervising contracts, given the need to maintain in-house R&D programs. At the Atlantic Oceanographic Laboratory, for example, one contracted project took three man-months of a senior scientist's time and virtually the full time of an engineer to initiate and supervise. Further contracts, if possible from a financial standpoint, could result in significant reductions in the in-house program.

Contracts let under the Make-or-Buy program are primarily for applied research, instrument or equipment development, or data collection. A relatively insignificant number of contracts are let for basic research. However, should a department wish, the opportunity exists to "buy" long-term basic research programs as well as large scientific programs for applied research or data collection. Still, for essential public services of a scientific nature for which the federal government is responsible, it is also civilly liable. This imposes limits to the "buying" of large programs.

The Unsolicited Proposal addendum of the Make-or-Buy policy facilitates the rapid initiation of research proposed by nongovernment organizations, particularly in the private sector, through a special fund administered by the Department of Supply and Services Canada. The fund may be used for financing unsolicited project proposals that otherwise would not be financed by a department in the current budget cycle.

2.2 University Research Support Policy

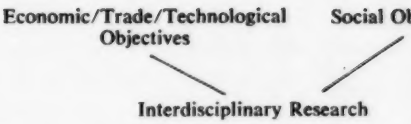
The general decrease in funding of basic research in universities has caused a considerable concern within the scientific community and has resulted in presentation of numerous briefs to the federal government. Briefs from scientific organizations and universities generally call for a return to former "real" levels of support for basic research. The toll of inflation has resulted in a real decline in actual support of basic research (Fig. 1 and 2). These points, along with arguments based on past contributions of research are contained in most briefs. However, few point to the need for evaluation and rationalization of the science concerned, or science generally, in light of the present economic situation and additional needs for science in our rapidly changing society. The context has changed and the message has not yet been widely addressed by the scientific community although individual studies such as that of the Association of Universities and Colleges of Canada (AUCC) Commission on the Rationalization of University Research (Bonneau and Corry 1972) have focused on the problem admirably.

In the federal government, steps toward rationalization of university support policies have been slow. While the current science policy emphasis is on economic development, it is notable that the proposed second phase of the Senate Committee on Science Policy — to review and recommend on social science research — has not been initiated. The need to strengthen social science research has been accepted as a legitimate aim by government, but there has been little action to support such acknowledgment.[4] Although it is the announced intention of government to stimulate interdisciplinary research, there still remains considerable confusion regarding the definition of interdisciplinary research and no formal mechanisms have been established to either encourage or support this class of research.

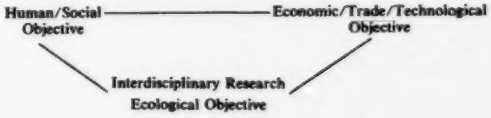
A second cause of delay in developing university research support policy is the jurisdictional issue. The provinces, which have exclusive jurisdiction over education, recognize the significant influence the federal government has on education through federal research support or purchase programs. Indeed, the provinces have for years paid the overhead for federally supported research without having a voice in the decision process. A number of provinces have developed research policies and have established grant programs that complement those of the federal government. Most are patterned after the peer or peer–management review model which adds another committee task to the load already carried by Canada's scientists.

2.3 A Deficiency in Science Policy

It is the stated intention of the federal government to introduce policies that will differentiate among the various objectives of scientific research. Science policy has to date reacted strongly to economic objectives with implementation of the Make-or-Buy policy and various industrial incentive programs. Acknowledgment has been given to the need to strengthen social science research as a means of more effectively solving the myriad of social problems that dominate today's scene. Interdisciplinary research has also been tagged for action although it is not clear that the term is used by all proponents in the same sense. The science policy framework that appears to be emerging, then, might be represented as follows:



If this representation has any validity, it exposes a startling omission that has been overlooked by biological and environmental groups in their interventions on science policy development. Surely, if government is to introduce policies that reflect various objectives of scientific research, the objective of understanding natural ecosystems and man's impact upon them deserve explicit policy recognition. The importance of such policy statements cannot be overemphasized; they have profound implications for the development of scientific programs in the environmental and resource management fields and for the support of related research. In addition, as illustrated below, the inclusion of an ecological objective in the science policy framework and the elevation of the social objective would add more meaning to interdisciplinary research, at least as this class of research is defined in the Canada Man and the Biosphere program (Canada MAB 1975) and used in this report.



The development of a science policy recognizing an ecological objective for scientific research is considered a key requirement for developing an effective fisheries and aquatic science system.[5] If ecological objectives are not soon seen to be at least as important as social objectives, then it is virtually inevitable that we will continue to move to a point where the former will become more important than the latter.

The above model is a logical one for policy development. If science is to be applied to policy development (page 1049) in a way that recognizes the nature of the current dilemma, surely it must be applied in an integrative framework rather than that of the traditional disciplinary one best described as reductionist. In this paper, the relevance of science is discussed in terms of such an integrative framework.

[4]Social science research and development, as a percentage of the federal R&D dollar, has increased from 7.1% in 1971–72 to 12.1% in 1975–76. In terms of purchasing power, 1971–72 levels have not been maintained.

[5]The establishment of the Natural Environment and Research Council (NERC) in Great Britain in 1965 under the Science and Technology Act represented an explicit policy recognition of a need to know more about the ecophysical system.

3. Implications of Science Policy for Fisheries and Aquatic Sciences

The terms of reference for the present study called for an assessment of scientific resources and their capability to meet short- and long-term commitments. Early in the study, it became evident that such questions could not be properly addressed within existing frameworks, as exemplified by traditional institutional arrangements, planning and supporting information systems. These have not changed sufficiently as yet to reflect current perceptions of resource management problems and the ways and means whereby such problems might be tackled (Chevalier et al. 1972; Friedman 1967). The latter, of course, involves the development and transfer of knowledge and here, the "institution science" itself must be viewed as part of the changing scene.

In the foregoing section, the science policy system was described in some detail. One of the prime science policy foci is on relevance. In a relevance context, we might view the primary function of scientific activities applied to the fisheries and aquatic science mission as being the development and use of knowledge to produce improvement in resource and environmental policy and management. The scientific objectives here must relate to both short and long time frames. For the former, the use of existing knowledge dominates; for the latter, the filling of knowledge gaps through gaining a better fundamental understanding of pertinent human, social, economic, and ecophysical systems is imperative.

3.1 Relevance

The connotation of relevance is changing. From the viewpoint of the scientist, the feeling that he/she was relevant has depended more on peer acceptance than on evaluation based on contributions to policy or management decisions. Organizational separation of research functions from other activities of departments is the preferred traditional model of scientists. Longer range research activities — and long range planning, for that matter — are difficult partners for those who are preoccupied with today's problems. The planning–budgeting–evaluation and supporting information systems and the reward structure naturally favor short-term activity (Vickers 1967). Traditionally, these have been separated; either institutionally as in the case of the former Fisheries Research or Defence Research Board laboratories, or within a department when the size and type of research effort has justified internal separation, as Agriculture Canada.

Much, if not most, scientific research in government laboratories is conceived by the scientist and "sold" to management. This has been termed a "bottom-up push" situation (Wynne-Edwards and Neale 1976). This is not to say that the research is not relevant; rather, it is a matter of degree. The research conceived by the scientist has been determined largely by scientists in the context of their perception of things. Certainly, it can be argued that many benefits and much progress have been made using this model. But, if science is to be "relevant," both in terms of today's and tomorrow's problems — and this is what science policy is saying — the selling job by scientists, which reflects a valuable perception of things, must be handled as feedback into a well-ordered resource policy–management–decision process, a process that defines knowledge gaps in terms of human and social needs (refer Section 2).

3.2 Signals of Change

It seems apparent, then, that new demands are being made of scientists and of those involved in the transfer, synthesis and use of knowledge (Gregory 1975). The opportunity for meeting such new demands is ripe in the fisheries and aquatic areas, given the mix of problems, perceptions, and changes taking place. Hence, the answer to the question of whether or not scientific resources in the fisheries and aquatic area are capable of meeting short- and long-term commitments cannot be answered realistically in terms of past accomplishments or present momentum. Answers based on information systems that still reflect past perceptions of the needs for science and hence the disposition, use, and classification of scientists would be tantamount to ignoring rapidly changing reality. The data can, of course, assist in understanding the current context and expose deficiencies, once an appropriate context has been described that reflects the changing condition. In an assessment of scientific resources, then, there is need to develop a framework that reflects the realities of science policy, organizational changes, resources management perceptions and new perceptions of scientific enquiry, to name a few. To define this framework is to define also new institutional needs, management modes, evaluative criteria, and scientific information system formats whereby the interfacial barriers between research and operations and science and the policy–decision process can be reduced.

In fisheries, the decision in 1973 to bring the Fisheries Research Board laboratories into the Fisheries and Marine Service (FMS) as an inte-

gral part of the in-line system reflected a policy prescription for making science more relevant. The recent reorganization of the Service has been slow, partly because of the difficulties in resolving questions concerning the organization of research and related scientific activities. Nevertheless, the die has been cast for the time being at least. It has been assumed that close organizational ties between scientific and operational groups will facilitate improvements in both science and fisheries management.

The current mix of circumstances in the area of fisheries appears to have the right ingredients to foster development of new approaches. Firstly, the problem of fisheries management is critical in an ecological, socioeconomic, and institutional sense. Secondly, it is widely acknowledged that a new approach to management is required to replace the traditional one based on knowledge of species. Thirdly, the problem and the need for new approaches coincide with the changes wrought by a decade of science policy debate. Finally, the melding of two scientific groups, fisheries and oceanography, can provide the basis for developing approaches leading to a better understanding of our aquatic environment.

3.3 Pattern of Change

To meet the demands of science policy, both scientists and nonscientists alike will need to alter former ways of thinking. Traditional views of scientists that creativity and innovation require freedom in the form of certain institutional independence from operational activities and objectives is being challenged. Operational staff will not take easily the imposition of direct "scientific" intervention into their traditional ways of doing things. The strong tendency of scientists to shy away from prediction until "more information is procured" will have to be balanced with the tendency of operational people to "shoot from the hip" to meet real world demands. This science policy experiment — as it might well be termed — raises interesting questions about information transfer and organizational arrangements. Effective melding of scientific enquiry with operational reality — theory and practice — may well depend on acceptance and use of new approaches designed to deal with complexity. Certainly, there is a growing literature dealing with "scientific" enquiry systems (Kuhn 1970; Maruyama 1973; Mitroff and Pondy 1974; Popper 1959; Rhyne 1971). Nor is there difficulty in finding examples of attempts to apply such theory in addressing real problems (Chevalier 1969; Chevalier et al. 1972; Gibbons and Voyer 1974; White and Gates 1974). However, traditional organizational arrangements reflect traditional concepts and are not on the whole responsive to such new approaches to enquiry. Hence, examples of the application of such approaches are partial and sporadic.

There is, of course, a whole class of methodology that is applicable here and that is most frequently referred to as applied systems analysis in its application. Some words of caution are in order, however, since this term often means different things to different people. As Regier (1976b) has emphasized, there is need to distinguish between systems analysis as used in developing ecosystem models, and applied systems analysis as interpreted, for example, by the International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA), in the Man and the Biosphere Program, and the Institute of Animal Resource Ecology at the University of British Columbia (U.B.C.). The latter "holistic" interpretation is pertinent to the discussion later in this report. Furthermore, it is stressed that applied systems approaches are not limited to mathematical manipulation of computerized models, but include a host of "soft" approaches developed largely in the field of psychology and sociology and applied in the field of marketing, management, and planning. While a number of these techniques have been applied as "teaching" tools within the Fisheries and Marine Service or the Department of Fisheries and the Environment, none has been applied as an integral part of the decision process; for example, simulation techniques developed by the Institute of Animal Resource Ecology at U.B.C. have not been widely used within the Department. A further example, in a policy research setting, is found in the Westwater Research Centre at U.B.C. where an ordered scientific synthesis of knowledge and information from both natural and social science areas has culminated in conclusions on water quality management in the Lower Fraser River (Dorsey 1976; Swainson 1976).

Such holistic approaches are viewed with some skepticism by scientists and decision-makers alike. In part, this is due to lack of understanding, in part to a natural tendency to hold on to old and tested ways and enquiry systems, in part to current institutional arrangements and management systems and a lack of knowledge of management and the management sciences.

3.4 Institutional Factors

Organizationally, some moves have been taken in FMS to link science more closely with the resource management decision process.

Currently, in FMS, the traditional model, in which research and operations are institutionally

separate, has been dropped by the absorption of the FRB laboratories into the Service. In both Fisheries Management (FM) and Ocean and Aquatic Sciences (OAS) the logical interpretation of the traditional model would be for research units to report through regional scientific directors-general (D.G.) to a central scientific assistant deputy minister (A.D.M.). In the present organization, research units in FM report through a regional D.G. who has responsibility for science and operations to an A.D.M. who also has these dual responsibilities. In OAS, regional D.G.'s report to a central A.D.M. who has both scientific and operational responsibilities.

Also, there have been moves to more effectively involve scientists in the decision process; for example, the proposed establishment of a scientific advisory committee in the Atlantic region to review and interpret scientific information and data for managers responsible for allocation decisions. There remains, however, some skepticism among scientists about the outcome of recent changes.

In the many interviews with scientists across the country during this study, it was quite apparent that much remains to be done to provide scientists with that very necessary feeling that they are relevant. The most common complaints focused on lack of central policy direction, lack of dialogue with senior executives in Ottawa, lack of involvement in planning and priority setting, lack of freedom for research managers to manage, the obscurity of the rationale for central and regional decisions, and the increasing demand for scientists to become involved in short-term, problem-solving activities. On this latter point, most acknowledge that such involvement was stimulating and useful in fostering more effective research and indeed, most have been involved in both over time. However, there was an obvious feeling among many that there was a danger of moving too far in this direction to the detriment of longer term research devoted to understanding of the mechanisms responsible for observed effects.

These responses corroborated an earlier conclusion that the interface between scientists and those responsible for operations and resource management and policy decisions was the most significant barrier to effecting improvement in the scientific effort in FMS. Also, it was apparent from observations made during this study, that other problems which were identified, such as management of research, research duplication, information systems, training and resource needs for the future, would be adequately addressed as incidental to the process of breaking down this barrier.

To break down the barrier, however, demands substantive changes in not only science, but also in the planning, management and policy decision, and supporting administrative processes. From the foregoing, it is evident that the relevance of science appears to be increasingly dependent on the relevance of policy and management decisions. While the move in FMS to more closely link science and resource management–policy may be viewed with some skepticism for reasons already noted; such skepticism can be justified only if steps are not taken to create a more responsive planning and management–policy decision system. A prime need is for the introduction of applied systems analysis methods to facilitate the ordered transfer of scientific knowledge into the resource planning–management–policy decision process. The integral involvement of scientists in the latter process would do much to provide scientists with a deeper understanding of objectives and rationale and what is required of them — a need not met through dry directives arising from current management by objectives (MBO) strategy (Chevalier and Burns 1977).

The introduction of ordered approaches to more effectively link science with the resource management and policy development areas can be more readily instituted within organizations that have direct management and policy, as well as scientific responsibilities, than where this is not the case. FMS has sole or primary federal responsibility for management and policy in the areas of harvest management, aquaculture, and utilization. For other resource and environmental management concerns, responsibility is shared with other services, departments, and governments. For example, FMS shares responsibility with other services and governments for aquatic environmental quality and recreation. Other areas to which resident scientific acumen contributes include ocean resources, transport, weather and climate prediction, and national security. An institutional mandate will limit, then, the extent to which systematic approaches to link science and the policy and management decision process can be readily applied. However, if, as is argued here, the relevance of science demands evaluation in accordance with policy and management decision criteria, it can be expected that new mechanisms and institutional arrangements must evolve to facilitate a more orderly transfer and evaluative process (Regier 1976a). Indeed, there have been a number of initiatives in this direction, including comprehensive river basin planning resulting from the promulgation of the Canada Water Act, various environmental assessment programs such as the MacKenzie River and Beaufort Sea, and the development of an oceans policy.

In the following section, illustrations are provided to show where use of applied systems ap-

proaches might facilitate the flow of scientific knowledge into the policy and management decision process and hence lead to a more relevant scientific effort.

4. Ordering a System

As noted above, it is easier to develop effective links between science and the management and policy decision process in areas where both the science and the policy responsibilities lie within one agency (Environment Canada 1975). This applies in the areas of harvest management, aquaculture, and utilization. For aquatic environmental quality and estuarine and coastal management, responsibility is shared. The following sections deal with both classes and serve to illustrate where applied systems approaches might be used to increase the effectiveness of the scientific effort in these important scientific areas. While some illustrations focus on policy development, some on resource management, and some on both, the emphasis does not imply that other parts of each system do not require attention.

4.1 Harvest Management

It is generally acknowledged that management based only on a stock-by-stock assessment, reflecting a biologically defined maximum sustained yield concept, is grossly inadequate. Increasing emphasis is being given to a socially defined optimum sustainable yield as a more appropriate concept (Roedel 1971). This shift in emphasis is in harmony with science policy shifts and shifts in perceptions of resource management problems, albeit these are both largely still in early development stages and hence ill defined.

The major objective of science in the harvest management system is usually perceived as food production. The call for a move toward an optimum sustainable yield concept has implications that reach beyond the food objective to include a social objective of enhancing the lives of fishermen and of preserving cultural identity. The optimum sustainable yield concept implies the need to extend the food objective to include a sociocultural objective. Inherent in both the food and social objectives is an environmental objective. The relevance of science must be evaluated in the light of all three objectives.

The need to integrate socioeconomic and ecological factors into the decision model raises three questions: how might this best be accomplished, where is the social science research backup, and what institutional arrangements might best support such integration?

From a scientific viewpoint, it could be said that the best way to accomplish this is through some well-ordered approach that will ultimately lead to the development of testable hypotheses. Thus, the objective of a supporting scientific mission might be described as the development of an holistic and scientific approach to harvest management. The term "holistic" has been inserted to stress the need for integration of both biological and social parameters which bear on problems requiring decisions for palliative action. Thus, the recognized need to integrate ecological and social factors in a more ordered way to enhance decision-making for harvest management calls for priority emphasis on methodology. The criteria for choice of method to facilitate a link between research operations and decision-making and between the natural and social sciences are, in a general sense, fairly straightforward.

Firstly, drawing on the Kantian maxim that experience without theory is blind, but theory without experience is merely intellectual play, the method should facilitate the testing of both.

Secondly, recognizing the dangers of misinterpretation of scientific knowledge in the transfer process and in the application of knowledge, the method should allow for the integral involvement of scientists — both natural and social — with those involved in practice and are responsible for decisions. The benefits of synergism are also inherent here.

Thirdly, order and rigor are imperative. The time-honored method for participatory information synthesis — the committee — may be less discomforting than one in which individual input is exposed in depth and tested against that of others. The committee, in its usual operating mode, is time consuming and can hardly be considered as the ultimate method for effective information transfer and synthesis, let alone a basis for developing and testing hypotheses.

Finally, a criterion of both choice and use relates to expectations. Given the complexity of the ecosocial system, obviously no method can provide the basis for precise decision; rather, the method must be viewed as a learning process that will, on the one hand, aid and abet decisions over time and, on the other, identify knowledge and intelligence needs and priorities.

Introduction of knowledge transfer methods that adhere to these criteria are critical to the realization of the full potential of scientists and to the maintenance of an appropriate balance between long- and short-term scientific pursuits. Based on the probable truth that a baby does not learn to walk by contemplating the action in his crib, a start should be made to initiate applied systems approaches, even though the first steps will result in some falls. Several possibilities exist.

4.1.1 *The Gulf of St. Lawrence project* — Considerable effort was expended on planning the Gulf of St. Lawrence study. Initially, it was conceived by scientists as an appropriate scientific thrust to put bits of physical and biological knowledge together — a move to develop some better understanding of cause and effect. The concept appealed to others with different interests and the project expanded to include stock assessment and finally, social parameters (McCracken and Macdonald 1976). Perhaps it was fortuitous that funds were not made available for continuation of the project. To the physical and biological scientists, and to some social scientists, the objectives of the project were obscure, the project was too all-inclusive and hence, too big to be manageable. Even so, it provided a legitimizing umbrella to justify pursuit by scientists of their special interests and was thus cautiously supported by them. It would be useful to review the proposal in light of the above discussion and in light of current initiatives and concerns. For example, the introduction of total allowable catch (TAC) has introduced a resource management concept that augers a significant shift in use of common property resources. Further, McCracken and Macdonald (1976) and Regier (1976c) have indentified the inshore or hinterland problem and called for unique planning, policy, and management approaches. Also, Coastal Zone management is becoming necessary and various initiatives (Canada MAB 1976) have been taken toward grappling with coastal problems in a comprehensive way, as was the case for river basin management almost a decade ago. Such initiatives and concerns, together with the need to test various alternatives to conventional decision and management modes, and to introduce new ways of linking science with "doing" as discussed herein, are highly pertinent to a truly comprehensive Gulf of St. Lawrence study.

Judging from the initiatives already taken, the interest engendered, and the potential for developing and testing an holistic approach, every encouragement should be given to a renewed planning effort for the Gulf Project.

4.1.2 *The salmon enhancement program* — A second possible contender for an holistic scientific approach to harvest management is the salmon enhancement program on the west coast. Here, a strong resource commitment has been made in support of the program. Simulation modeling has been employed as a learning tool through the Institute of Animal Resource Ecology at U.B.C. The program could not as yet, however, be considered as integrated. Various impressions were gained about the program from fisheries researchers and operational personnel during the course of this study and they must be considered if an integrated approach is to be taken, for example:

— researchers are fearful that existing knowledge and historic data might be misinterpreted by operational staff;

— researchers are concerned that experimental programs are not scientifically sound (hypotheses, experimental design, and observational needs);

— operational people feel quite competent to proceed with minimal involvement by researchers;

— the enhancement program is being used by many participants as an umbrella to pursue their pet projects with the result that coordination and integration are impaired and the program in reality consists of a large number of discrete activities "spread all over the B.C. map";

— there is considerable concern that initial success may lead to ultimate failure since there is insufficient knowledge about the carrying capacity of the ocean range, particularly in light of U.S. and Japanese sea-ranching programs;

— insufficient knowledge exists regarding the longer term impact of introduced stocks on natural stocks to justify a program involving so many spawning rivers; and

— resource conflict must be resolved by confrontation; there is little interest in a long-range strategy to find alternative ways to resolve conflict.

These observations represent honest opinions by legitimate actors in the system. Can the validity of such opinions be tested by initiating an applied systems approach? Would such an approach lead to more effective use of scientific resources? Would more effective bi- and multilateral agreements result from such an approach? The answer to these and similar questions should be affirmative.

4.1.3 *Lake management* — Perhaps both the easiest and the most difficult situations in which to initiate an applied systems approach are found in the freshwater areas. Small lakes lend themselves admirably to integrated management approaches. Indeed, there are numerous examples of experimental management approaches using lakes in which sufficient control can be exercised to facilitate scientific design (Loftus 1976). The expansion of existing experimental management programs to include more social science input would serve to enhance the development of the applied systems on the broader front.

The Great Lakes, particularly Erie and Ontario, perhaps pose the most difficult problem of all in holistic management. Because of the jurisdictional, institutional, use–demand situations, pollution aspects, and, in general, the pressure of

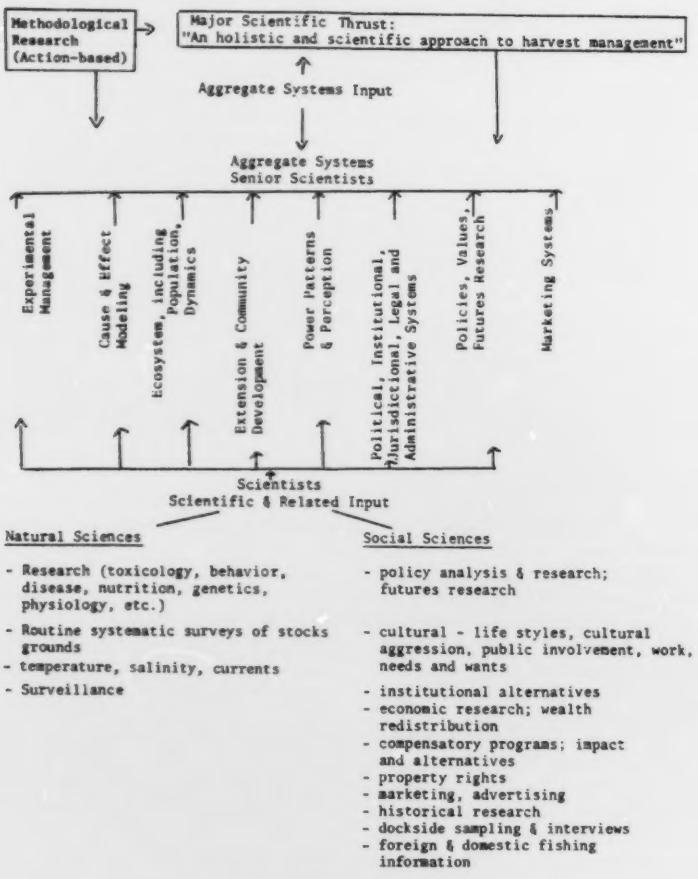


FIG. 4. Science for harvest management.

the megalopolis on the system, it is a poor one to initiate the first faltering steps toward integrated management. Yet, it also offers the greatest challenge, since the complexity demands that fisheries and aquatic quality be considered in light of the many other demands on the system, i.e. as a subsystem of the broader water and costal management systems. Perhaps the only organization that could successfully initiate and coordinate an holistic management thrust at present is the International Joint Commission (Anon. 1973: Can.–U.S. University Seminar 1971–72, Cornell Univ.).

Experimental management has been referred to above. It is generally recognized that the solution to many of the problems of harvest management must be solved by drawing on inferences derived from controlled experiments. To date, experimental management has been impeded primarily by the wide gap between scientists and those responsible for harvest management decisions, a problem being considered in the present study. There is need for continued pressure on policy makers to assign specific areas for experimental management purposes, as emphasized by Regier (1976c). Experimental management is considered a prime component in the framework being developed. This and other elements, explicitly noted or implied in the foregoing discussion, can be put together along the lines shown in Fig. 4.

For each of the aggregate systems shown — and these are illustrative — a systematic synthesis of pertinent scientific knowledge drawn from the scientific and related activities listed would provide input into the proposed synthesis. The need for systematic synthesis here is emphasized; the aggregate systems also demand the use of systematic synthetic techniques, involving a team and, in most cases, several disciplines or special-

ists in the areas identified in the figure. Those responsible for each aggregate system, preferably senior scientists, would be integrally involved in the ordered decision process.

As noted, applied systems analysis techniques are not well developed in an operational sense. Hence, there is need for a methodological research team to be involved in the process, as shown in Fig. 4. This team should include, along with expertise in mathematical manipulation and ecology, competence from the field of psychology or social dynamics.

4.1.4 *Social science backup* — In the holistic approach proposed it should be expected that the contributions from the social sciences be justified by a body of theory and observation equal to that provided from the natural sciences. This may not be easy, however, for three reasons. Firstly, while there has been a long tradition of natural science research backup in resource departments, this has not been the case for the social sciences. Secondly, the main thrust of natural science research has been that of developing an understanding of the mechanisms responsible for observed effects and the testing and application of such knowledge in innovative ways. The primary objective of social science research in government, on the other hand, has been in applied research, toward improving policy, management, instrumentalities, etc., within the existing structural framework (Triste 1969; Sewell 1975). The opportunities to test hypotheses and to innovate are seldom accorded and, in instances where they are, they are not testable in the same way, or in the same time frame, as are hypotheses of the natural scientist. Finally, the enquiry systems that appear most appropriate for innovative social science research are neither acknowledged as scientific nor often understood by natural scientists (Boulding 1956; Kuhn 1970; Mitroff and Pondy 1974). Parenthetically, it should be noted here that this is true of many social scientists, since there has been a tendency for the latter to adopt the enquiry systems of the natural scientists (Boulding 1956). In any case, the requisite social science backup will not likely be provided from within the Department in the short-term. Rather, it must be sought in the university community, as will be discussed in a following section.

This leaves the third question, "what institutional arrangements might best support an holistic and scientific approach to harvest management?".

4.1.5 *Institutional aspects and management implications* — Regier and McCracken (1975) have described an organizational structure in relation to the kinds of information and processing required for decision-making. This description, as modified by Ketchen (1976) to conform closer to organizational realities, is shown in Fig. 5. The focus of this structure is on the natural sciences, even though Regier and McCracken have emphasized the need to more effectively use knowledge derived from the social sciences in the decision process. The structure recognized the need for synthesis and modeling at the research level, which conforms with the aggregate analysis groups in Fig. 4. Figure 4 could infer that those responsible for the synthesis of research information — usually at the director level[6] — should, along with their counterparts in the monitoring unit and from other pertinent research programs (Fig. 5), be prime participants in the holistic approach proposed herein. In keeping with this approach, the Scientific Services and Management Centres would logically be merged.

A further modification would seem in order. In view of the importance of ensuring that international negotiations are conducted in full cognizance of the inferences gained through the proposed holistic approach, there should be a closer relationship — an involved relationship — between the International Fisheries Directorate and the Management and Scientific Services Centres. Figure 6 shows the changes suggested which conform to the present analysis.

4.1.6 *Management aspects* — The proposed approach also has a number of implications for the management of scientific programs. A key criterion for the choice of managers (both scientific and resource) should be a clear understanding of, and identification with, applied systems approaches. Other criteria, drawn from a departmental study in 1975 (Policy for Canada's Commercial Fisheries, FMS, Environment Canada) have been noted by Caissie and Willmer (1976). Apart from the almost incidental exposure of Fisheries and Marine scientists to such approaches as that of the Animal Resource Ecology Institute of U.B.C., or in a few cases to IIASA, little opportunity exists for scientists to gain a deep understanding of applied systems techniques; many have done so, but only through fortuitous circumstances or their own effort. In fact, no training programs have been identified that would provide the requisite understanding in the context of resource management, short of spending a year working with one of a relatively limited number of university groups, for example, at the Institute of Animal Resource Ecology and the Westwater

[6]Here, the involvement of senior scientists would be appropriate, given the heavy administrative load of executive staff.

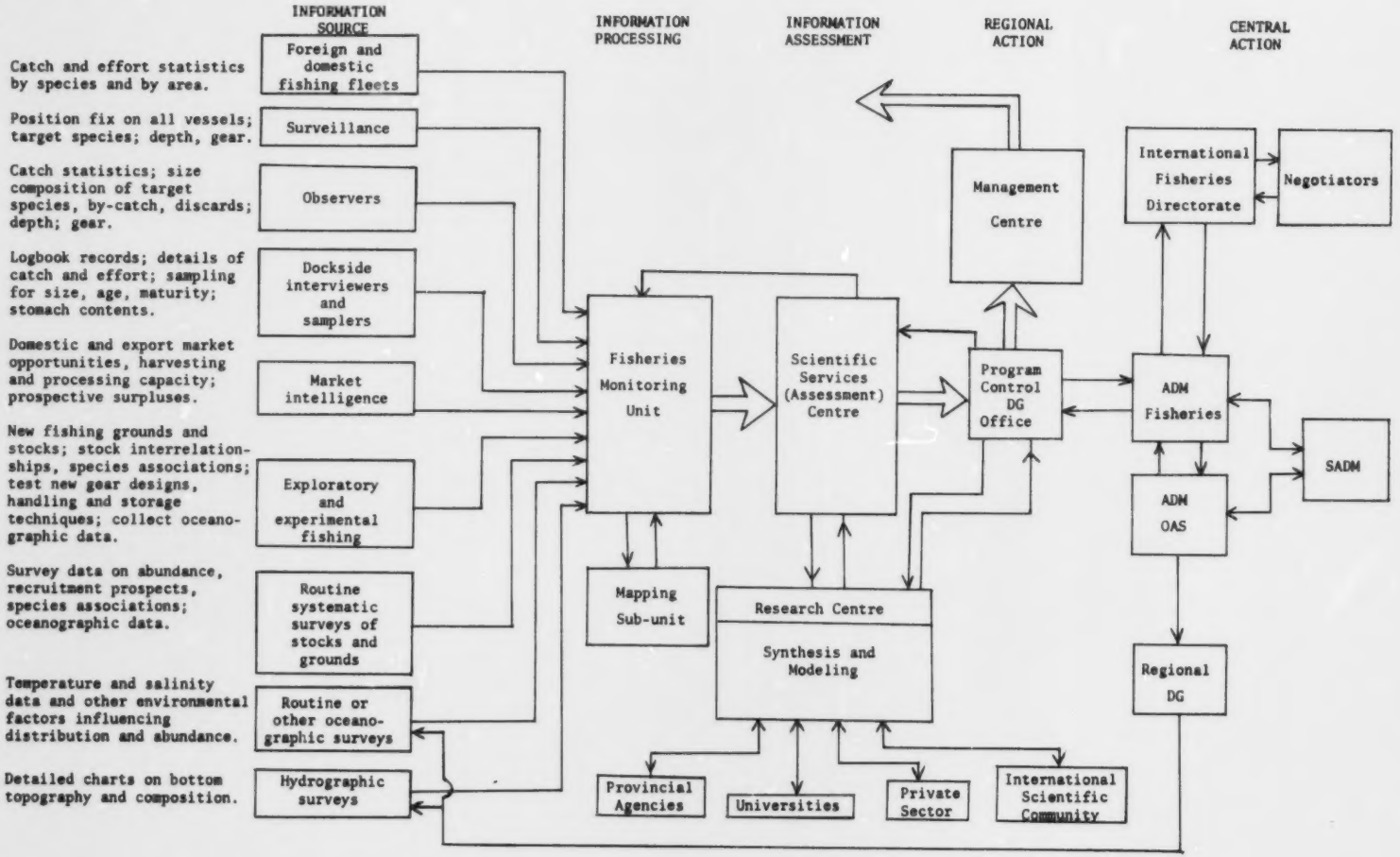


FIG. 5. Information flow and synthesis in the harvest management system.

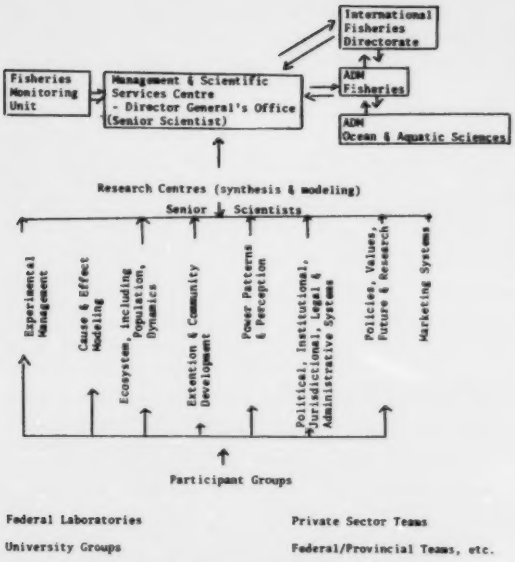


FIG. 6. Modified organizational structure.

Institute at U.B.C., and the Environmental Studies Faculty at York. Bits and pieces can be picked up at numerous universities — in environmental faculties, resource management programs (e.g. universities of Guelph and Manitoba), departments of psychology, marketing, political science, business administration, history, and philosophy — and in some management training programs such as the International Management Development Program (Geneva). The Tavistock Institute of Human Relations in the United Kingdom has developed an approach that is particularly pertinent but is not a training program in the normal sense. If the assumption that the lack of an applied systems approach to harvest management is the key need in our attempts to more effectively use scientific information and scientists in the allocation decision process (i.e. relevantly) and to break down the barriers between scientists and those responsible for operations and policy and management decisions, steps should be taken to develop training programs in applied systems analysis for present managers, senior scientists, and those who aspire to management or senior scientist positions, and to encourage participation in such programs. This is discussed further in Section 5 in reference to the university community.

Earlier mention was made of the need for changes in perceptions of scientists as requisite to breaking down this barrier. This will not likely be accomplished in the short term. In the area of scientific management, a quote from Sir Henry Tizard (Clark 1975) emphasizes the nature of the problem and the need for focusing attention on longer term policy:

"Scientific men are usually indifferent administrators and seldom men of the world. They should not be expected to undertake tasks for which their expertise and training have not fitted them. It is wasteful to turn a first-class scientist into a second-rate administrator. Administration is a job for people who have been trained to administrate, but if they are to administrate scientific activities they must have had a broad general scientific education. I cannot see that this is impossible, though I admit that it is a long-term policy."

4.2 AQUACULTURE

Aquaculture is presently a tag-along activity of the more dominant harvest management thrust. Pritchard (1976), in his call for an integrated approach toward structured aquaculture development, stressed the need for development of an aquaculture policy and the formation of an attendant infrastructure. The scheme proposed, which was adapted from one developed by Jantsch (1972), is supportive of the approach proposed above for harvest management and provides a logical framework for management of research and information.

More effective use of the scientific knowledge and of scientific resources pertinent to aquaculture development must be preceded by development of policy and an appropriate infrastructure. Initiatives have been taken toward policy development and a 5-year plan has been initiated by Environment Canada to strengthen the technical and economic base of commercial aquaculture. This action is in response to an increasing interest in aquaculture in Canada, and hence, will not likely be offset by counterpressures from those who would prefer to have present limited resources allocated elsewhere. Nevertheless, such counterpressure provides incentive to effective system design. The design proposed by Pritchard conforms to the approach developed in this paper and addresses the prescribed need for providing an effective formal organizational relationship between science and those responsible for operations and resource management and policy decision. To complete the picture, a methodological relationship must also be put into place, a point that the present author contends was not stressed strongly enough by Pritchard, although he did note the need for a transdisciplinary approach and the need is explicit in the model proposed (Fig. 7). It is emphasized herein that *both* organizational and methodological aspects must go hand in hand in the development of a science manage-

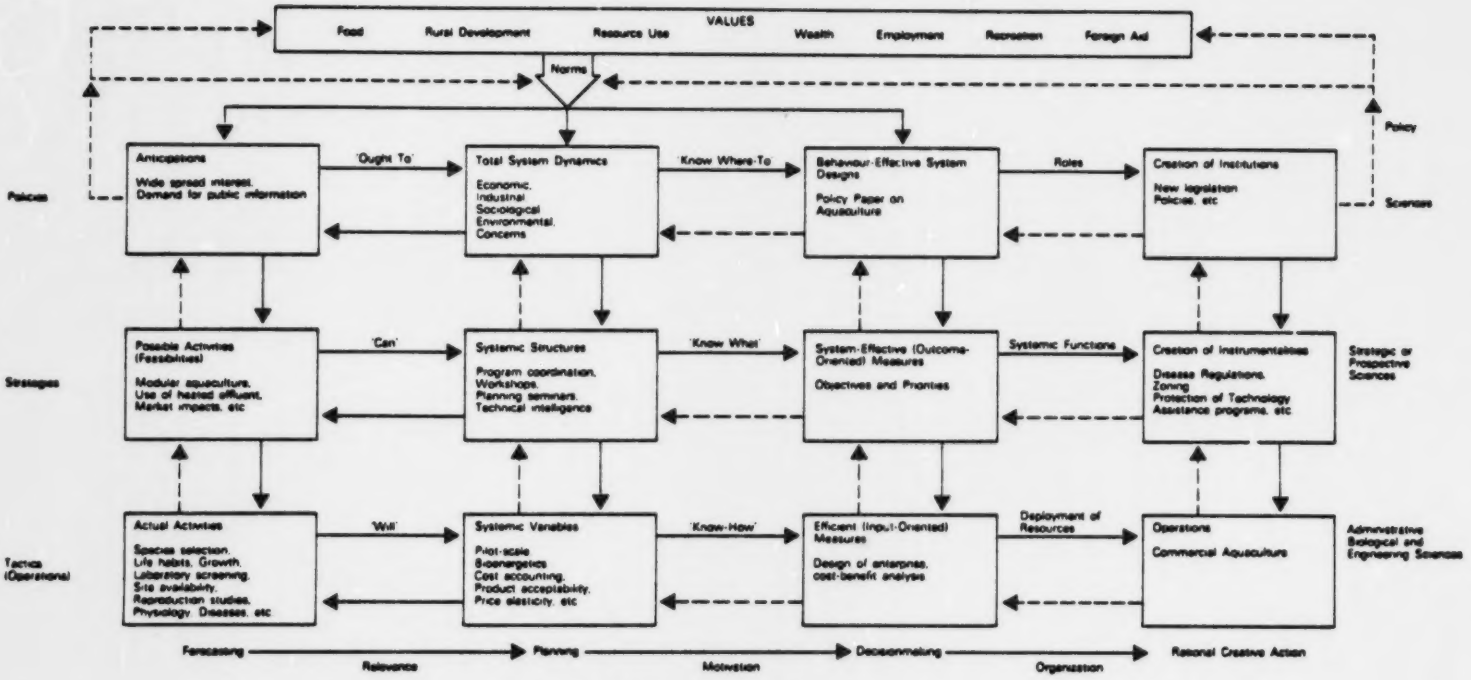


FIG. 7. Structured aquaculture development.

ment system that will conform to science policy dicta, new perceptions of resource problems, and management solutions. Development of an aquaculture policy should then be accompanied by appropriate institutional adjustments (Pritchard 1976) and the introduction of an applied systems methods. Gaps in the present research program have been identified by Pritchard as falling into three areas, viz policy, strategy, and operations. Almost all of the present research effort directly or incidentally related to aquaculture is at his operational level. The need for an increase in research effort at the policy and strategy levels, as outlined by Pritchard, again emphasizes the need for involvement of the social scientist.

The bottom two blocks in the left of Fig. 7 correspond to Fig. 4 and 6 with the "systems structures" block corresponding to the holistic and scientific approach proposed in this study. The Jantsch model carries the case further and illustrates a possible series of structures and interfaces that would serve to eliminate the "bottom-up push" while still ensuring that perceptions of scientists were objectively considered in the policy decision process.

4.3 Utilization

The utilization subsystem covers the activities from harvest to consumption (preservation of quality, processing, product development, and marketing) and consequently science must serve the client interests of the fisherman or aquaculturist, the processing industry, the wholesaler, retailer, and the consumer. Since the activities of the clients are interdependent, one might expect the scientific activities that serve them to be treated as interdependent in a systems framework. In reality, there is little evidence that this is the case; the various R&D efforts within this subsystem can be likened to a patchwork quilt only partially stitched (Lewell 1975). Even though there is a growing deficiency of protein in the world and the need to utilize a greater diversity of aquatic species is recognized, processors are reticent to develop and market new products. Nor are they, or the fishermen, apparently interested in adopting adequate quality control measures. The potential effectiveness of the research effort on new products and on quality control is thus limited.

Over the years, the FMS R&D effort in quality control and new products, process development, and handling techniques provides yet another example of a "bottom-up push" situation. Laboratory directors have encouraged various R&D thrusts over the years and have developed various strategies to stimulate client interest and acceptance. Emphasis has shifted from fairly long-term endeavours to those emphasizing more immediate application, the latter being in current favor (Caissie and Willmer 1976). The response, however, has generally been disappointing. Wherein, then, lies the problem?

It can be assumed that the Department of the Environment recognizes utilization as a significant component of its activities. Certainly, in terms of dollars generated, it equals that of the primary fisheries. Yet, the effort expended on utilization does not approach the effort applied to the primary fishery.[7] The policy of the Department, then, may appear to be predicated on the assumption that the secondary industry is taking full advantage of opportunities available. This does not seem to be the case. Or perhaps a highly innovative and opportunistic industry would result in demands on the primary industry which could not presently be met on a socially and ecologically sound basis? If so, is there not a need to make this explicit? In any case, for research and development activities related to utilization to effectively meet the test of relevance requires, first and foremost, some explicit statement of policy. Policy development activities begun in 1974–75 in the FMS should be accelerated with a view to filling this essential gap.

Let us presume such a policy recognized a departmental responsibility in the spectrum of activities from harvest to consumption noted above — the need for increasing the proportion of present harvests and the range of species to be used for food[8] and the responsibility of government to encourage industry into taking appropriate action. From this would emerge a number of action strategies that would lead to definition of the needs and priorities for research. Given the present lack of explicitly stated policy, is it any wonder that scientists in the field of utilization R&D across the country ask "what does government expect of us in this new 'relevant science' world?". If it's no longer "bottom-up push" where is the "top-down" direction? If an integrated approach to the problem were taken and some systematic order were introduced in the develop-

[7]In 1973 the landed value of the total fish catch was $300 million, the marketed value was $650 million, and the value added was $220 million. In 1974–75 the FMS devoted $34 million and 1700 man-years to programs related to the primary industry and $14 million and 700 man-years to those related to the secondary industry ($6.9 million of this was for a regulatory program).

[8]Recent initiatives to increase markedly the proportion of the herring harvest in the Bay of Fundy for food as opposed to fish meal represents a recent policy posture.

ment of a responsive structure (e.g. as in that of Jantsch as proposed by Pritchard for Aquaculture), research on marketing, institutional arrangements and alternatives, and related social science topics would be required on a continuing basis to complete the requisite R&D picture. As expressed throughout this paper, an applied systems approach would serve to integrate this total knowledge package in a relevance framework. Thus, in addition to the need for a policy, the requisite strategies, institutional arrangements, and methods to provide for an effective link between scientific, marketing, and management endeavours should be developed.

Some steps have indeed been made in this direction. In 1974, for example, a federal-industry meeting was held as part of the priority-setting process (Environment Canada 1974). There is need for continued interaction of this type in an ordered framework involving scientists, operational people, decision-makers, and client groups.

4.4 Aquatic Environmental Quality

A different situation is the complex one of aquatic environmental quality. As a result of the great interest in environmental quality during the second half of the sixties, research in this area was afforded high priority. Since research on environmental quality could be readily justified in a number of different agencies, a bandwagon effect resulted. Since then, efforts to consolidate forces have met with little success; indeed, the momentum of the sixties is still increasing in the agencies concerned and more are getting involved (Hamilton 1976; Harvey 1976). The availability of resulting scientific information justified the development of environmental quality objectives, which in turn justified an increase in scientific effort. This bandwagon effort was evident in the FMS and undoubtedly many ongoing research programs merely continued under a new title that reflected the new priority (Caissie and Willmer 1976). The phenomenon, which is being repeated today in the planning of energy R&D is another example of a "bottom-up push." The dominant force emerged from those who could show that they "have," "know how," and "know what" — the scientists. The questions not yet addressed satisfactorily on a continuing basis are those that deal with overall direction "where ought we be going" and "why." The latter are value questions and answers derived from the knowledge base and technique of the human and social, as well as the natural sciences. The situation today, then, is one in which there is considerable duplication of scientific effort (Harvey 1976). But the real problem lies in the differences, among the various agencies involved, in their perception of the problem and their answer to the "where ought we be going" or "why" questions. To illustrate, the perception among Fisheries and Marine people of "where" and "why" is based on conceptual underpinnings that can briefly be described as: "water quality criteria must take cognizance of the total aquatic system, recognizing the interdependence of the living elements; the indicator of quality is therefore the health of the biological system which might be inferred by the health of a particular species." Other groups, within the same department, stress chemical monitoring — accumulation of data at high cost — which presumably provides a basis for drawing inferences on possible effects. This empirical approach is identified as one-sided in this report (see "Enquiry Systems") and tends to lead to an undue scientific emphasis on the measurement of extremely low concentration of contaminants to the detriment of research on effects. Differences based on such variations in concepts and approaches are naturally reflected in attendant control strategies and instrumentalities. Thus, the science that supports the different groups, while striving for the same objective of improving water quality, conducts its studies within quite different frameworks.

Resolution of the problem of effective use of scientific resources in the area of water quality will require continuing emphasis at the value-policy level. This cannot be accomplished at the strategic level by groups representing the various different perceptions and interests without supportive unbiased policy research in a systematic approach. Here again is an illustration of the need to provide some formal organizational and methodological link between science and the policy–management system. Development of a comprehensive and national policy is critical to the effective use of scientific resources in this field.

4.5 Other Subsystems

There are other areas in which existing institutional arrangements do not readily facilitate development of a relevant science. These include coastal zone and estuarine management and recreation. Such topics have a Fisheries and Marine interest but also involve the interests of other agencies, federal and provincial (Mann 1976a, b; Parsons 1975). While cross-departmental and cross-governmental initiatives are not uncommon in dealing with this class of problem in planning and action frameworks, the supporting scientific activities are, for the most part, limited to data collection and use of existing knowledge. There are spin-offs, of course, since "why" or "how" questions will inevitably be raised which lead to

more basic research activity, too often ad hoc and disciplinary in focus.

In oceanography, a fairly effective mechanism has been developed to overcome this difficulty. The areas of climate prediction, ocean nonrenewable resource development, transport, and defence depend heavily on oceanographic science conducted in the FMS. The Canadian Committee on Oceanography provides a coordinative link among agencies and the scientific community and influences priorities for research and policy development. Also, the recent federal initiative to develop an oceans policy should enhance the orderly development of oceanographic science and the potential for the initiation of systematic links between science and those agencies responsible for management and policy decisions.

There is need to consider appropriate mechanisms to coordinate the growing interest and scientific activity in the areas of coastal and estuarine management and aquatic recreation. Because of the nature of the subject areas, research support must be provided within a comprehensive framework to be effective. Some action has been initiated along these lines, for example, the Man and the Biosphere Program, and an earlier initiative of the Inland Waters Directorate in supporting interdisciplinary water resource research programs at several universities. However, no effective mechanisms exist to foster this type of comprehensive scientific activity either in government, in the private sector, or in the university community. All are required, as argued in Section 6.

4.6 Summary

Within the FMS there is a need to introduce ordered methods for the transfer of scientific knowledge into the operations–policy–management areas. The integral involvement of scientists with operational people, decision-makers, and policy advisors in this transfer process would do much to alleviate the concern among scientists that current institutional changes may weaken science through an undue emphasis on shorter term scientific pursuits. The relevancy of the natural science effort will depend on the relevancy of policy and management decisions. Here, the knowledge of the human and social sciences must be more effectively transferred into the system. Illustrations have been provided to show where the introduction of ordered knowledge transfer techniques — generally referred to as applied systems approaches — would strengthen the links between science and policy–management and facilitate the sensitivity of the latter system to available scientific potential.

In the synthesis of knowledge leading to policy and management decision options, innovation is limited by organizational structures and attendant mandates; ordered or systematic mechanisms for taking advantage of scientifically derived insights are not in place. The very structure of government departments and the apparent necessity to attend to today's problems precludes due attention to innovative research in the policy and institutional areas. If the assumption is correct that we must learn to better use the knowledge derived from science in order to address current problems and recognizing the constraints to this form of innovation within government, then it follows that such innovation must be enhanced by activities of non-government bodies. With the current emphasis on contracting out of R&D activities, the private sector may play an increasingly important role here. This is a matter for separate study, however, and cannot be considered in the present paper. The potential contribution of the university community in this context is significant and is discussed in the following section.

5. The University Community

5.1 An Emerging Role

Few would question the influence of the university community in setting the pattern for the future. In this period of social and economic transition, characterized by widely divergent viewpoints, parts of the Canadian community strive to return to the prosperity and paradigm of the fifties and early sixties while other parts search for a new, or conserver, society; some hold to old ways and old institutions while others seek new ways and new institutions, and so forth. There is no doubt that some significant changes are in store. In such times, the traditional role of the university community to educate and to search for new knowledge and new methods might be expected to shift and to focus more attention on exploring new contexts[9] and their possible implications. In light of current knowledge about the way things work, of the interdependency of the many parts — human, social, ecological, technological — new contexts cannot be effectively explored by isolated focus on the parts. This is recognized in resource planning and is reflected by a growing focus on comprehensive approaches to resource and social planning and management. Few would disagree that present attempts at comprehensive planning and management are but first steps. Furthermore, the testing and implementa-

[9] "Context" here refers to the way we look at things as a society and is reflected by our institutions and planning and management modes.

tion of new techniques, such as discussed in the foregoing sections, are fraught with constraints which will be overcome only with time and by new people with new understandings. New people with new understandings are prepared by the university.

5.2 Shifts in Emphasis

There are some indications that governments recognize the need for universities to shift their emphasis in the direction noted and there are indications of a corresponding willingness within the university community to respond. As noted previously, it is the announced intention of the federal government to increase the support of social science research and to encourage interdisciplinary and futures research. Several interdisciplinary research programs at universities have been supported by federal and provincial government agencies during the past decade, including the faltering, but, nevertheless, significant support of the Man and the Biosphere Program by the federal government. Several experimental programs initiated by universities have received provincial government blessing, such as the Faculties of Environmental Studies at York and Waterloo, Environmental Design at Calgary, and the Centre for Resources Development at Guelph.

5.3 Federal Response

To date, however, federal initiatives to support this class of research and hence, training, have been ad hoc, and no federal policy and supporting mechanisms exist. In the Department of Fisheries and the Environment, initiatives to broaden the focus of university support programs have not been successful. With few exceptions, such as the continuing support of the Westwater Research Centre at U.B.C. by the Inland Waters Directorate, university support remains disciplinary or, in a few cases multidisciplinary, in focus.

5.4 The Focus on Discipline

Lest the author be accused of ignoring a continuing need to foster disciplinary research, it is appropriate here to make some observations which again have to do with context. Perry (1968), in an exhaustive study of intellectual and ethical development in the college years, emphasized the close relationship between the knower and the known. Apart from those who are committed to productive revolt, students may imitate the forms of other people's knowledge, but be intellectually and socially sterile. One inference which might be drawn here is that biology graduates (or chemistry, or economic) from different biology (or chemistry, or economics) departments with essentially the same "excellence" rating can be very different in their intellectual response to the real world. In times of rapid change — of changing contexts — an education that has been cast in terms of unwarranted justification of the past or the present will hardly provide the student with the ability to cope in terms of future paradigms, let alone provide leadership.

The need for a student to broaden his understanding of the social, ecological, and physical context in which he might perform is becoming more widely recognized. In recent years there has been an increasing trend for disciplinary departments to expose students "to the language of other disciplines" to other departments and through "interdisciplinary" projects and seminars. The logic that justifies this trend might be stated as follows: (a) recognition that many problems faced today may be related to activities of graduates who have not perceived the broad implications of their scientific or professional pursuits; (b) the need in the face of future uncertainty to prepare students for adaption to changing circumstances in life and in the job market; and (c) recognition that there is a unity in science that has been fogged by disciplinary jargon.

5.5 Education Needs for Science in Resource Management

The foregoing discussion touched on some indicators of change in university roles, in the approach to training and in the perception of science which is supportive of resource management needs. It is useful here to pause and consider the problem from the point of view of the needs for resource management. In discussion of the fisheries and aquatic science systems, evidence was presented to show that there is a gap between those involved in scientific pursuits, and those responsible for operations, resource management, and policy decisions. An approach was proposed to bridge the gap, which, in order to be successful, woul ' demand changes in current perceptions on behalf of all groups involved. In terms of education, the emphasis on context and methodology is in accord with the need prescribed. Also, as noted previously, such emphasis is seen to be highly pertinent to the development of good science and resource managers. Of course, it would be naive to assume that all students could gain a firm footing in pertinent contextual and methodological knowledge, or that all would aspire to become managers. Rather, the point is

that this opportunity should be provided in post-secondary educational programs. Furthermore, the question of whether or not such "broadening" should occur at the bachelors or graduate level is probably not a helpful one. Given the diversity among students, some will tend to be "broad" upon entrance to the university while others at the opposite end of the spectrum, will remain "narrow" throughout life, regardless of exposure (Perry 1968). Perhaps the latter will be weeded out or perhaps they should not be permitted access through more stringent entrance requirements. At the recent Association of Universities and Colleges of Canada Conference (1976), considerable discussion centered around the need to focus more attention on university entrance than upon output and demand aspects.

A graduate program in resource policy and management would seem to be the prime requisite to meet the needs described. Broad concepts (ownership, access, social and ethical aspects, finiteness of resources), methodology (scientific, planning, conflict resolution, impact), and interdisciplinary programs (resource policy and management alternatives) should dominate the research thrust, but in a way to encourage involvement of those with highly specific research interests, whether these be in fisheries, oceanography, forestry, or disciplinary specialities. Professors should be drawn from as wide a variety of faculties and departments as possible rather than building up a large permanent staff. Encouragement should be given for government scientists, planners, and managers to participate. Prerequisites for student entry should not exclude anyone on the basis of undergraduate specialization. The program should be seen as credible, within the university, by governments and the public; the research effort, then, should be focused on real problems and be "plugged-in" to the community through active researcher–client involvement. At the same time, the status quo should continually be questioned through good research and alternatives sought at all levels — policy, strategic and tactical.

A graduate program functioning along the lines noted should have a marked influence on curriculum development at the undergraduate level by virtue of wide professor and student involvement. Indeed, the influence of the program on the undergraduates would be a measure of its success. Appropriate attention to involvement of the community — the clients — should provide the requisite external advocacy to support the program and to ensure absorption of graduates into the job market.

While a number of universities are moving in the direction noted[10] none would currently qualify in terms of these criteria. In part, this is due to the internal and well-known problems associated with tribal instincts and in part because of an inadequate range of requisite undergraduate and/or graduate specialty departments available within a university or willing to become involved. However, there is little doubt that explicit federal, or even departmental, recognition of the need in the form of policy and an accompanying funding mechanism would do much to overcome these and other constraints.

5.6 Enquiry Systems

During the technological age since the second world war, science has been responsive to the demands of a materialistic "widget-oriented" society. A one-sided empiricist approach, where "only collection of data and experiment were considered as "scientific," served this age well" (Boulding 1956). This physical view of "scientific" was adopted by biologists and social scientists and is still held by many in both areas. Indeed, in university training curricula in biology, dominant emphasis is still placed on statistical methodology related to sampling, estimation, and simulation (Regier 1976b). Meanwhile, philosophers (Boulding 1956; Jantsch 1972; Kuhn 1970) and "natural science" philosophers (Gibbons and Voyer 1974; Pritchard 1976; Regier 1976b) and an increasing number of social scientists (Abrams 1965; Chevalier 1969; Foster 1969) call for a broadening of current perceptions of legitimate, or scientific, enquiry that can more adequately address the myriad of social, environmental, and resource problems facing modern societies.

Earlier, it was noted that there are few opportunities in Canadian universities to obtain a good grounding in applied systems methods, particularly as these are pertinent to resource and environmental management. There are signs that the situation is changing. The focus on empiricism and, more recently, on "hard" methods of systems analysis is being complemented by an increasing interest in the general area of enquiry (Gibbons and Voyer 1974; Mitroff and Pondy 1974; Odegard 1971; Regier 1976b). This is reflected in course offerings under various titles — the philosophy of science, the history of science — by

[10]For example, a resource management graduate program is currently being planned at U.B.C. which, if implemented, would come close to meeting the criteria outlined. Similar plans are in progress at the University of Toronto.

nonscience departments. Exposure of students to such courses would seem requisite for developing any in-depth understanding of applied systems analysis in the sense used in this study.

5.7 Summary

It has been argued, then, that there is need for a shift in training and associated research to serve resource management needs. Barriers that exist between scientists and those responsible for operations and resource management and policy decisions are the result of a natural adherence to old paradigms in a changing world. The university, by virtue of its traditional role in education and supportive innovative research, bears a large responsibility in the search for more effective ways of managing our resources. There is need for an increased focus on developing an understanding among students of the context in which they will perform and on enquiry systems which can be used to address the problems faced in resource management. This is seen as a dominant need for training of natural and social scientists and for potential managers. An effective way to accomplish this is to establish a graduate program in resource management designed to facilitate involvement of a wide range of disciplinary interests — professors and students — in a program that focuses on context as well as rigorous scientific enquiry. Some constraints to the initiation of programs of this type are discussed and it is concluded that appropriate federal initiatives could do much to enhance moves being taken in this direction by a number of universities. Some of these initiatives are outlined in the following section.

While this study has focused on university education, it should be recorded that the primary, secondary, and other postsecondary education systems — as well as public information and extension programs — are also victims of the reductionist mode and must gradually change to meet future requirements. But this is another study.

6. Toward a "Relevant" University Support Program

6.1 The Present Situation

Immediately following the formation of the Department of the Environment in 1971, steps were taken to develop a departmental policy on the support of university research (Cartwright and Chevalier 1972). The resulting Subventions Policy was adopted by the Department in 1973. The policy recognized Science Policy trends — emphasis on "relevance," interdisciplinarity, the importance of social science. The university role as one focusing primarily on the development of new concepts was implicit in the policy, and the need to guard against departmental insularity through encouraging liaison was recognized. To effect more control on the conduct of supported research than possible under traditional grants programs, the "research agreement" replaced the outright grant. The concept of mutual benefit to the Department and to the university was inherent in the policy. The policy also enveloped shared facilities and fellowships.

The program has not been an overall success. The reasons for this include the slowness in developing a federal policy on university support, differences of opinion within the Department on the role of the university and consequent departmental–university relationships, the lack of interest in, or understanding of the need for, social science or interdisciplinary research, the tendency to view "relevance" in terms of problems requiring immediate solution, and generally, the low priority given to university support in light of budgetary constraints of the past few years. Budget allocations in the various Service programs have not been critically reviewed and adjusted to reflect priorities for research (e.g. Water Resources Subventions, $1 million; Wildlife, $25,000; Fisheries and Marine, $360,000). Furthermore, in terms of total budgets, the proportion allocated to Subventions is extremely low — $2 million in a total research budget of $192 million in 1975–76.

In 1973–74, the FRB Grants Program was taken over by the Fisheries and Marine Service under the new Subventions Policy. Since, the program had shifted emphasis somewhat. For example, proposal review is currently internal and the program has been nominally expanded to cover a wider range of subject areas, including socioeconomic research. Former block grants to support excellence at a limited number of universities have been phased out (Hays 1968). The budget has decreased in terms of buying power from $360,000 to the purchasing equivalent of $170,000, which has severely limited the program and has not allowed a shift in focus to support new priority areas or interdisciplinary research.

In oceanography, the National Research Council (NRC) has provided development grant support to several university groups (Table 1) with broad guidance from the Canadian Committee on Oceanography (CCO). The Department of Fisheries and the Environment provides ship time for university researchers, which amounted to sup-

TABLE 1. NRC development grants in aquatic sciences ($000).

	Up to 68	68–69	69–70	70–71	71–72	72–73	73–74	74–75	75–76	76–77
Memorial Univ. Ocean Eng.	—	—	—	—	80.0	130.0	149.0	98.0	53.0	—
Memorial Univ. Mar. Sci. Res. Lab.	787.3	100.0	65.0	—	60.0	53.3	120.8	53.3	78.0	80.0
Dalhousie Univ.	—	—	—	—	—	—	214.0	290.0	211.3	136.6
Dalhousie Un. Inst. Oceanogr.	930.0	110.0	89.0	84.0	70.0	62.2	62.2	62.2	59.0	60.5
Dalhousie Univ. Aquatron Facility	—	—	375.0	375.0	250.0	—	—	—	—	—
Huntsman Mar. Lab.	—	—	—	—	75.0	70.0	60.0	45.0	51.2	52.5
GIROQ	—	—	—	—	—	300.0	210.0	250.0	—	—
Univ. of Ottawa	—	—	—	—	—	50.0	101.0	99.0	86.3	80.5
Univ. of Toronto Great Lakes Inst.	550.5	75.0	85.0	85.0	85.0	75.5	75.5	—	—	—
Univ. of B.C.	—	—	—	—	—	—	130.0	102.5	105.8	170.0
Univ. of B.C. Inst. Oceanogr.	930.0	75.0	80.0	60.0	55.0	50.0	50.0	50.0	68.7	70.5
Bamfield Mar. Stn	—	—	—	—	—	—	77.0	42.5	64.0	51.2
Total	3197.8	360.0	694.0	604.0	675.0	791.0	1249.5	1092.5	777.3	701.8

port in the order of $1.2 million in 1975–76 (CCO 1976).

From compilations prepared by Caissie and Willmer (1976), the total federal support through grants and subventions (NRC, FMS, and the Inland Waters Directorate) in areas of general concern to this study is about $5.2 million; of this, less than $200,000, almost all from the Inland Waters Directorate program, is provided for the support of social sciences or interdisciplinary research. While the total federal support is spread over 42 universities, the greatest proportion is centered in seven universities which received in excess of $150,000. These are the universities of B.C., Victoria, Guelph, Toronto, McGill, Dalhousie, and Memorial. The universities of Alberta, Laval, and Quebec (five campuses) received between $100,000 and $150,000 (NRC and DFE). As shown in Table 1, NRC support is also provided to maintain the Huntsman and Bamfield research facilities which are shared by a number of universities.

Other university research is supported under contract and some of this is in the social science area. Also, the Canada Council and other federal agencies (Regional Economic Development, Manpower, Secretary of State, Health and Welfare) support or contract social science research pertinent to the scientific thrust areas described earlier. No data are available to allow an estimate of expenditures from these sources.

6.2 Elements of a "Relevant" University Policy

From the conclusions reached in preceding chapters, it is evident that the present federal support of university research does not conform with the needs for developing a "relevant" science. Firstly, in the natural sciences, while 72% of total NRC support is concentrated in seven universities, only 58 and 50% of total DFE and FMS support, respectively, is provided to the same universities. In times of economic hardship and in terms of developing a "relevant" science, it would appear desirable to focus a greater proportion of the Subventions support in those universities where expertise has been built up and is maintained by the NRC and federal support, generally.

Secondly, the apparent paucity of social science research — certainly, in terms of being integrated into the DFE Subvention Program — parallels the deficiencies within FMS and DFE.

Finally, it follows that the Subvention Program is focused largely on disciplinary research which does not encourage the broader based education discussed in Section 5.

On the positive side, there are 7–10 universities that are in receipt of strong federal support in pertinent natural sciences. These universities are located, for the most part, in the same localities as regional establishments of FMS.

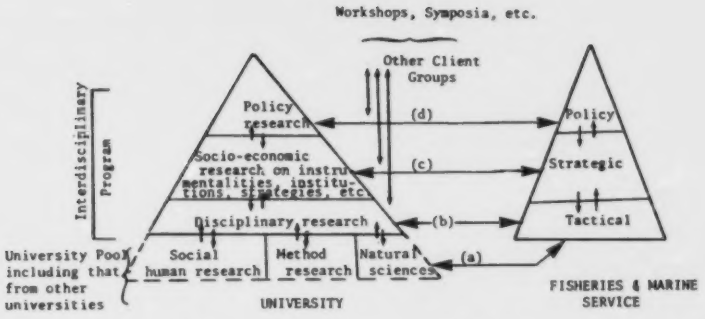


FIG. 8. University–government links.

The University of Manitoba was not included in the 7–10 universities noted above, but obviously should be considered a dominant one in the scheme of things for several reasons. Firstly, the Freshwater Institute is located on campus. Secondly, in terms of NRC and federal support for research in the marine and aquatic sciences it ranks 11th. Thirdly, some precedents have been set in interdisciplinary approaches in the Agassiz Centre and the Centre for Settlement Studies. Finally, the existence of the Resource Management Institute provides added potential for an holistic research approach.

6.3 PRESCRIPTION

A prescriptive model based on the present study can be represented along the lines shown in Fig. 8. Currently, university support through the FMS Subventions Program is dominantly at the tactical level [links (a) and (b)]. Relatively few projects have been supported at the strategic level and none have been funded at the policy level. This does not imply that university researchers have not been involved in fisheries and aquatic science research at the strategic and policy levels. Some research at the strategic and policy levels has been sponsored by the Service under contract; some at the policy level by other agencies such as Canada Council, Regional Economic Expansion, and the Secretary of State. This type of support serves to link individuals in the university with those in government at the various levels shown in Fig. 8. The responsibility for synthesis and use of the knowledge in developing new strategic or policy options rests with the government. However, as mentioned previously, the potential for using knowledge for development of innovative strategy and policy is constrained by the very structure and nature of governments.

By transferring the responsibility for synthesis of knowledge to university groups through support of interdisciplinary research projects, many of these constraints are removed and the potential for innovation is increased. The interdisciplinary approach exposes participating researchers and students to the knowledge base and method of other disciplines, to the synthetic process itself and to the broader contextual areas discussed in Section 5.5. The synergism encouraged through this process adds to the potential for innovation at all levels. Furthermore, evaluation can be accomplished in both a relevance and peer framework. This approach to research, knowledge transfer, and synthesis is compatable with that outlined in Section 4 except that all activities are cast in a research setting. Essentially, this is a unique form of policy research in which hypotheses at the higher levels can be tested against knowledge derived from our understanding of the ecological as well as the human and social systems within an ordered framework. Too often, policy research is conducted by social scientists without the integral involvement of those scientists who understand the biological and physical parameters of the system that will be affected.

To facilitate the research effort and to derive maximum benefit from it, funds should be budgeted for strengthening the links between the research group and the Service at all levels. This might be accomplished by workshops or symposia or through some form of integral involvement of government staff in the research, as illustrated in Fig. 8. Attention should also be given to developing linkages with other client groups such as provincial agencies, industry, unions, and public interest organizations. The establishment of such "learning" links has a number of potential advantages such as increasing the rate of knowledge application and of the development and testing of new insights and the breaking down of institutional barriers. Indeed, university programs could well play an important arbiter role among client groups with disparate interests.

Departmental subvention programs should be

strengthened to enable support of research at those universities that have strong integrated programs in resource management. In light of the current paucity of such programs, a proportion of the FMS and other DFE Subventions resource-oriented programs should be allocated to encourage the development of such programs in key universities, possibly in conjunction with the Man and the Biosphere Program.

Recognizing the need for fostering such research approaches in a time of austerity, various strategies should be considered to get the best returns from the dollar. To this end, cooperation should be sought with other Services and/or departments, provincial agencies, industry with similar or interlocking interests, and the university community itself to foster and cosupport integrated approaches to research. For example, the Department of Fisheries in Nova Scotia, the federal departments of Manpower, Regional Economic Expansion, and the Secretary of State all support social science and/or policy research at Dalhousie University which is directly pertinent to harvest management if considered in the light of optimum sustainable yield. Furthermore, the university is highly supportive of integrated approaches, as is evident by the formation of Environmental and Government Studies Institutes and the plans being formulated to form an Institute of Management that would act as an overall "senate" body for the existing institutes.

Other ways of gaining a multiplier effect from a few dollars include: focus on relatively few universities; close coordination with the NRC and the Canada Council with a view to ensuring the requisite disciplinary backup; integrate the university subventions program with the fellowship program, the career-oriented and special student hiring programs, and the provision of facilities and ship time to foster liaison and contextual understanding at the student and professor level; encourage sabbatical, transfers, development and educational leave for FMS scientists[11] with emphasis on key universities chosen for major support; encourage work transfer or secondment of professors to government from the key universities and encourage contract work at these universities.

6.4 Training for Future Demands

Because of the paucity of information that would permit a detailed examination of the demand for university graduates, Statistics Canada, in cooperation with the Ministry of State for Science and Technology, has recently surveyed 138,000 persons who reported or possessed a university degree in the 1971 Census (Statistics Canada 1974). The survey was essentially a market survey concerned about utilization and supply–demand for university graduates. Certain occupations such as health occupations and engineering showed a relatively high degree of education — occupation correspondence compared with others such as fine arts, math, and physical science which did not. The occupational grouping of agriculture and biology were intermediate in degree of correspondence, showing that graduates in this group were having trouble finding employment in their field of specialization. The connotation here is that an increase in demand for biologists could probably be met from within the existing labor force. The study has shown a need for focusing forecasting attention on those occupations that exhibit a high degree of education–occupation correspondence (i.e. that exhibit a tight market situation on the supply side) such as dentistry, medicine, law, and some fields of engineering.

Such studies, which rely on historical trends to forecast possible future requirements, have some shortcomings. Firstly, if considered linearly by policy-makers, the effect could lead to a series of self-fulfilling prophecies. In the present study, an attempt has been made to show that, in this rapidly changing world, decisions about the future must be based on something more than projection of the status quo (Triste 1969). Secondly, in the current economic climate, there is an increasing tendency for government intervention in university training and research. The university community is responding to this trend and steps have been taken to explore long-term planning needs (Trotter and Carrothers 1974). One of the questions that will need to be addressed as a part of any long-term planning exercise is that of role. Will future needs demand a continuing emphasis on disciplinary training for the job-market? Or will the shift be toward providing a broad education, perhaps centering around in-depth consideration of a specific interest? In the previous section, the needs described in the resource management area appear closer to the latter. This argument will not be settled in the short run, but should not be weighted toward the status quo by focus on demands for training based on forecasts.

By taking this approach to the demand question, it is apparent that justice could not be done to the subject in the present study. However, if only to ensure that future needs for scientifically trained staff are indeed met, government departments would be abrogating their responsibility if they did not encourage a close liaison and con-

[11] A summary of the present situation is provided by Caissie and Willmer (1976).

tinuing dialogue with the university community in areas pertinent to their interests. In DFE, including FMS, relatively ineffective emphasis has been placed on university matters — support, liaison, education.

7. Summary

From the broader reference to global problems, science policy and new perceptions of environment, resource management and science itself, an attempt has been made to narrow the focus and to identify ways and means of developing a more relevant national fisheries and aquatic scientific effort. There is little doubt that the science conducted within and for operating departments of government must be linked more closely with operations and the policy and management decision process. Within the FMS steps have been taken toward this end by changes in organizational arrangements. It is argued in many quarters that such changes, which link scientists more closely with operational activities, may act to the detriment of much needed longer term research activities. Recognizing that existing planning, management, and administrative procedures reflect a shortterm focus and constrain activities devoted to the longer term, steps are prescribed to reduce these constraints.

It is asserted in this report that the introduction of systematic approaches that involve scientific staff in operational, management, and policy decisions would enhance the flow of scientific knowledge into the decision process. Such approaches should also enhance the sensitivity of the system to the potential of scientists and of the knowledge they command. Thus, in addition to close organizational linkages between scientists and operational and planning groups, a methodological link is required. The techniques broadly described as applied systems analysis are considered pertinent and examples are provided to illustrate where such techniques might profitably be applied and tested.

The introduction of systematic approaches would facilitate the evolution of holistic policy and strategy development — a need that reflects current perceptions of the nature of resource and environmental problems. Here, however, additional problems must be dealt with — how to better utilize the knowledge base of the human and social sciences.

If the argument is valid that we must find ways of dealing with resource and environmental problems more holistically, then the effectiveness of the natural science effort will depend heavily on the effectiveness of the translation of human and social science knowledge into the policy and strategy areas. In government, innovation in human and social science research is limited by the structural bounds within which it must operate.

To overcome this problem, in the short term through research and in the long term through education, a case is made for developing more effective links between the university community and governments. The freedom to innovate has long been a prime forté of the university. It is argued therefore, that interdisciplinary research programs in universities that focus on the integration of knowledge toward policy-level objectives and involve the requisite disciplines of the human, social, and natural sciences, could enhance innovation at all levels in government — policy, strategic and tactical. The implications of such comprehensive research activities on education are discussed. Future demands for education, based on the emerging perceptions of current problems, point to a need for a deeper understanding among graduates of the context in which they will work and of the range of enquiry systems that may be employed.

The prescription for a relevant university support policy is integrally related to the prescription for a relevant science program within the FMS. University programs designed to innovate at all levels — policy, strategy and tactics — and linked closely with FMS and other clients and customers, including industry, must serve a key role in creating a more relevant national fisheries and aquatic science effort. The framework for a relevant scientific program discussed in this paper is conceptually represented in Fig. 9. Essentially, it is a network of interests set in a learning context that both serves and extends beyond a single departmental mandate to facilitate the exploration of problems in a comprehensive fashion. The various initiatives identified herein are complimentary; hence, action should focus on all fronts simultaneously. In certain areas, initiatives have already been taken, in others precedents have been set and in others trends are being established, for example:

a) organizational changes in FMS are compatable with the framework for a relevant science;

b) the concept of fisheries management is rapidly changing from that of a "free access–common property resource" to one of stewardship that recognizes the interdependency of human, social, ecological, and economic parameters;

c) several recent initiatives are evidence of a recognition of the need to find ways and means of dealing with resource problems in a more holistic way, for example, (i) the growing interest in and use of systems approaches and the extension of the ecological models to include social and economic parameters, (ii) the interest in and government

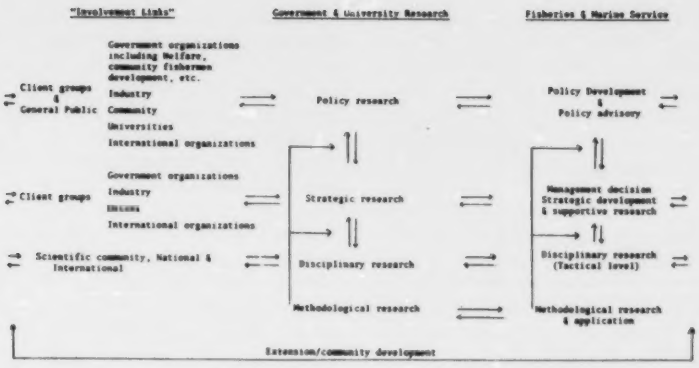


FIG. 9. Framework for "relevant" fisheries and aquatic science.

support of the Man and the Biosphere Program, (iii) precedents within FMS to link, in an ordered way, various interests to enhance the decision and policy process, and (iv) the Canada Water Act and the associated initiatives of the former National Advisory Committee on Water Resources Research to establish several inter- and multidisciplinary water resource research centers at Canadian universities;

d) experimentation within the university community with new pedagogic and research approaches and growing interest in methods of enquiry that focus on integration of knowledge and the growing recognition and support of such initiatives by governments;

e) renewed efforts by governments to rationalize the financing of university research and within universities, an increasing focus on the role of the university; and

f) policy initiatives in the areas of fisheries management, extended jurisdiction including Canada's participation in the Law of the Sea Conference and in the development of an oceans policy.

The foregoing provide a basis for developing a relevant national program in fisheries and aquatic science. Steps required to enhance progress and that are developed in terms of possible action in this paper include:

a) explicit science policy recognition of an ecological objective for scientific research;

b) encouragement of interdisciplinary research and education in universities;

c) development of national policies in the areas of aquaculture, utilization, aquatic environmental quality, coastal zone, estuarine, and lake management;

d) introduction of systems approaches to facilitate the ordered translation and transfer of knowledge into the policy and strategic areas; and

e) development of a university-related program to strengthen the Service links with the university community and with other clients of university research programs.

8. References

ABRAMS, J. W. 1965. Implementation of operation research: A problem in sociology. Can. Oper. Res. Soc. J. 3: 152–160.

ANON. 1973. A proposal for improving the management of the Great Lakes in Canada and the United States. Can.–U.S. University Seminar (1971–72). Cornell Univ., Ithaca, N.Y. 76 p.

ASSOCIATION OF UNIVERSITIES AND COLLEGES OF CANADA. 1976. Seminar on Canadian Universities, McGill University. Proc. AUCC Ottawa. 135 p.

BONNEAU, L. P., AND J. A. CORRY. 1972. Quest for the optimum research policy in Canada. Commission to study the rationalization of university research. Vol. 1. Assoc. Univ. Coll. Can. Ottawa. 207 p.

BOULDING, K. E. 1956. General systems theory: The skeleton of science. Manage. Sci. 2: 2–30.

CAISSIE, P. M., AND J. S. WILLMER. 1976. Scientific resources for fisheries and aquatic sciences in Canada: the present federal situation. Fish. Res. Board Can. Background Study No. 13: 173 p.

CANADA MAN AND THE BIOSPHERE. 1975. Evaluation process: project selection and program review. Report No. 5: 34 p.

1976. Research framework: coastal ecosystems. Report No. 7: 16 p.

CANADIAN COMMITTEE ON OCEANOGRAPHY. 1976. Confidential report to the committee on grants and scholarships on the marine science faculties of Canadian universities. NRC (Natl. Res. Counc. Can.) 42 p.

CARTWRIGHT, T. V., AND M. CHEVALIER. 1972. A research subvention policy for the Department of the Environment. Environ. Can.

CHEVALIER, M. 1969. Social science and water management: A planning strategy. Policy and Planning Branch, Dep. Energy Mines Resour. 26 p.

CHEVALIER, M., L. BAILEY, AND T. BURNS. 1972. Toward a framework for large-scale problem management. Hum. Relat. 1: 43–69.

CHEVALIER, M., AND T. BURNS. 1977. A field concept of public management. Advanced Concept Centre. Environ. Can.

CLARK, T. E. 1975. A technological innovation management training program for Canada. A report of the Innovation Manage. Inst. Can., Ottawa. 44 p.

DORSEY, A. H. Y. [ed.] 1976. The uncertain future of the Lower Fraser Westwater Research Centre. University of British Columbia Press, Vancouver, B.C. 202 p.

ENVIRONMENT CANADA. 1974. Proceedings of the government-industry meeting on utilization of Atlantic marine resources. Fisheries and Marine Service.

1975. Report on the development of scientific and other professional staff for management. Planning and Finance Service. 70 p.

FOSTER, H. D. 1969. Geomorphology: academic exercise or social necessity. Can. Geogr. XIII: 3.

FRIEDMAN, J. 1967. A conceptual model for the analysis of planning behaviour. Admin. Sci. Q. p. 225–252.

GIBBONS, M., AND R. VOYER. 1974. A technology assessment system: a case study of east coast offshore petroleum explorations. Sci. Counc. Can. Background Study No. 30: 114 p.

GREGORY, B. P. 1975. Science and discovery in France. R. Soc. J. LXXIII.

HAMILTON, R. D. 1976. Aquatic environmental quality: toxicology. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2671–2688.

HARVEY, H. H. 1976. Aquatic environmental quality: problems and proposals. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2634–2670.

HAYS, F. R. 1968. The Fisheries Research Board of Canada: Planning for the Next Decade. FRB Internal Document. 51 p.

JANTSCH, E. 1972. Technology planning and social future. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y. 256 p.

JOHNSON, A. W. 1975. New perspective for economic policy. Massey College Lecture Series, 1974–75.

KUHN, T. S. 1970. The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press, Chicago, Ill. 172 p.

LEWELL, P. A. 1975. Research development relative to utilization of renewable aquatic resources. Fish. Res. Board Can. Background Study No. 2. Fredericton. 75 p.

LOFTUS, K. H. 1976. Science for Canada's fisheries rehabilitation needs. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1822–1857.

MACDONALD, J. B. 1969. The role of the federal government in support of research in Canadian universities. Sci. Counc. Can. and Can. Counc. Spec. Study No. 7: 361 p.

MANN, C. R. 1976a. Physical oceanography in Canada. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1411–1433.

1976b. Chemical oceanography in Canada. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1451–1469.

MARUYAMA, M. 1973. A new logical model for future research. Futures (Oct.): 435–437.

MCCRACKEN, F. D., AND R. D. S. MACDONALD. 1976. Science for Atlantic inshore seas fisheres. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2097–2139.

MITROFF, I. I., AND L. R. PONDY. 1974. On the organization of enquiry. A comparison of some radically different approaches to policy analysis. Public Admin. Rev. 5: 471–479.

ODEGARD, H. P. 1971. The politics of truth. University of Alabama Press, Montgomery, Ala.

PARSONS, T. R. 1975. Biological oceanography in Canada: a perspective and review. J. Fish. Res. Board Can. 32: 2231–2285.

PERRY, W. J. 1968. Forms of intellectual and ethical development in the college years. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, N.Y. 256 p.

POPPER, K. 1959. The logic of scientific discovery. Basic Books, New York, N.Y.

PRITCHARD, G. I. 1976. Structured aquaculture development with a Canadian perspective. J. Fish. Res. Board Can. 33: 855–870.

REGIER, H. A. 1976a. Transdisciplinary research centres oriented to regional fisheries problems. Fish. Res. Board Can. Background Study No. 14a: 17 p.

1976b. A balanced science of renewable resources with particular reference to fisheries. Inst. Environ. Stud., Univ. Toronto, Toronto, Ont. 150 p.

1976c. Science for the scattered fisheries of the Canadian interior. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1213–1232.

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science for Canada's shelf-seas fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1887–1932.

RITTLE, H. W. J., AND M. M. WEBBER. 1973. Dilemmas in a general theory of planning. Policy Sci. 4: 155–159.

RHYNE, R. F. 1971. Projecting whole-body future patterns — the field anomaly relaxation (far) method. Natl. Cent. Res. Dev. U.S. Off. Educ., Washington, D.C. 69 p.

ROEDEL, P. [ed.] 1971. Optimum sustainable yield as a concept in fisheries management. Proceedings of a symposium held during the 104th Annual Meeting of the American Fisheries Society, Honolulu, Hawaii, September 9, 1974. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. No. 9.

SEWELL, W. R. D. 1975. Social sciences and resources management in Canada: the need for vision. Paper prepared for the National Social Sciences Conference, Nov. 20-23, 1975, on Social Science and Public Policy in Canada. Soc. Sci. Res. Counc.

STATISTICS CANADA. 1974. The Ministry of State for Science and Technology: highly qualified manpower. Past census survey (1973). Ottawa. 66 p.

SWAINSON, N. A. [ed.] 1976. Managing the water environment. University of British Columbia Press, Vancouver, B.C. 256 p.

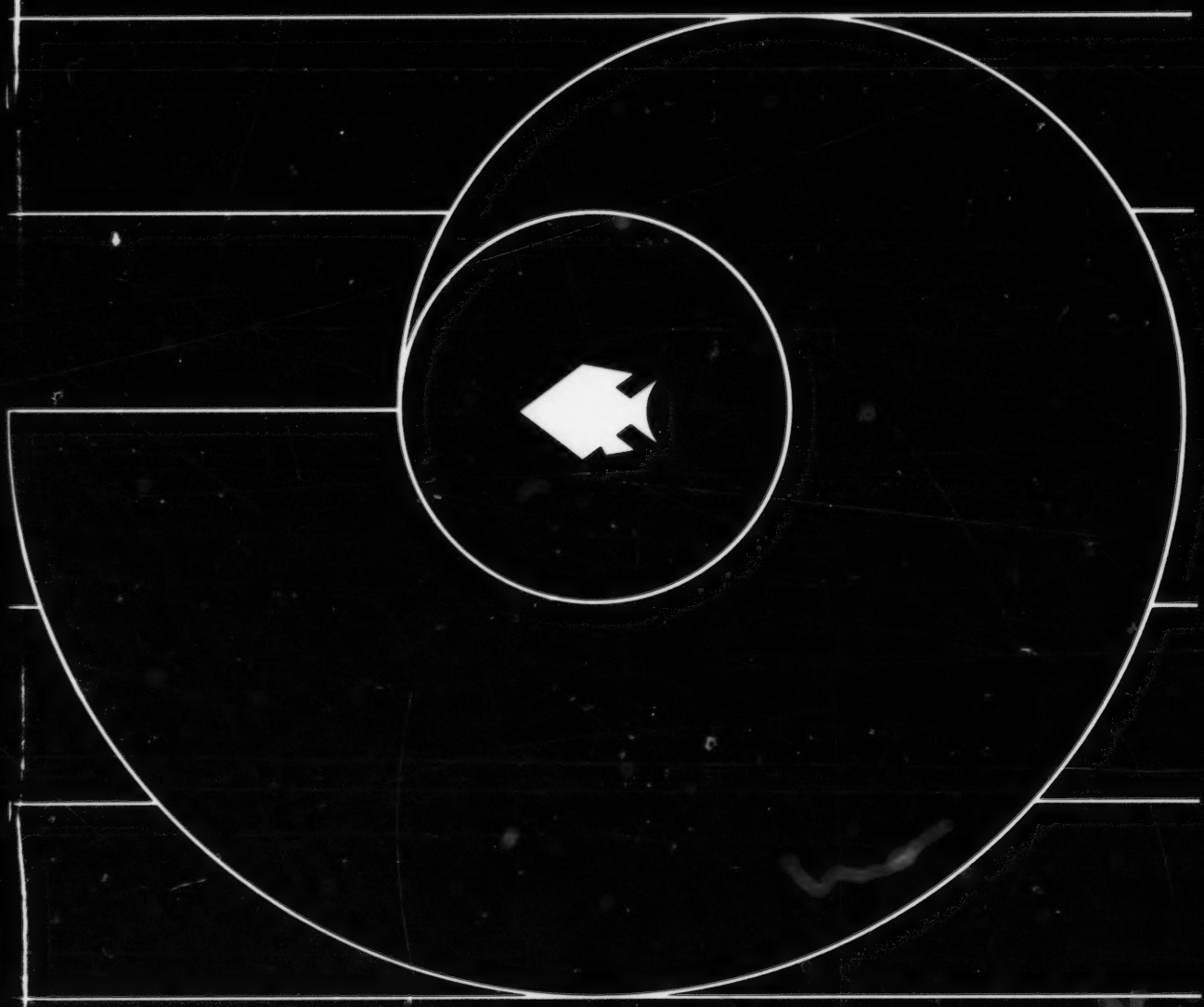
TRISTE, E. L. 1969. On socio-technical systems. *In* The planning of change. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, N.Y. p. 269–281.

TROTTER, B., AND A. W. R. CARROTHERS. 1974. Planning for planning. AUCC (Assoc. Univ. Coll. Can.) Ottawa.

VICKERS, G. 1967. Planning and policy making. Polit. Q. 38: 253–265.

WHITE, O., AND B. L. GATES. 1974. Statistical theory and equity in delivering of social services. Public Admin. Rev. 1: 43–51.

WYNNE-EDWARDS, H. R., AND E. R. W. NEALE. 1976. Scientists must reverse priorities and invert the "knowledge pyramid". Sci. Forum 49. Vol. 9(1).



La série de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprend des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport n° 1 — (The Way Ahead) Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Rapport n° 2 — L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisation. Par W. E. Ricker.

Rapport n° 3 — Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental. Par H. A. Regier et F. D. McCracken.

Rapport n° 4 — Océanographie biologique au Canada: Perspective et revue. Par T. R. Parsons.

Rapport n° 5 — Natura Naturans: Un colloque sur le paradigme de Fry.

Rapport n° 6 — Développement d'une aquiculture structurée, avec perspective canadienne. Par G. I. Pritchard.

Rapport n° 7 — Science pour les pêches dispersées de l'intérieur canadien. Par H. A. Regier.

Rapport n° 8 — Océanographie physique au Canada. Par C. R. Mann.

Rapport n° 9 — Océanographie chimique au Canada. Par C. R. Mann.

Rapport n° 10 — Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes. Par K. H. Loftus.

Rapport n° 11 — Science pour les pêches canadiennes des mers côtières de l'Atlantique. Par F. D. McCracken et R. D. S. Macdonald.

Rapport n° 12 — Qualité de l'environnement aquatique: Problèmes et suggestions. Par H. H. Harvey.

Rapport n° 13 — Qualité de l'environnement aquatique: Toxicologie. Par R. D. Hamilton

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0E6

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1977

En vente par la poste:

Imprimerie et Édition
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

ou chez votre libraire

N° de catalogue Fs 97-10/14
ISSN 0384-3149

Prix: Canada $3.00
Autres pays $3.60

Prix sujet à changement sans avis préalable

RAPPORT DE L'ORP

Vers une science pertinente: Besoins en ressources scientifiques halieutiques et aquatiques au Canada [1,2]

H.F. FLETCHER

Ministère des Pêches et de l'Environnement, Service de la planification et des finances, Bureau du Conseiller scientifique, Ottawa, Ont. K1A 1C7

Table des matières

Résumé 2
Abstract 2
1. INTRODUCTION 3
   1.1 Un dilemme d'ampleur mondiale
   1.2 But de l'étude
2. LE SYSTÈME DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE 4
   2.1 La politique d'impartition
   2.2 La politique d'aide à la recherche universitaire
   2.3 Une lacune de la politique scientifique
3. LES EFFETS DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE SUR LES SCIENCES HALIEUTIQUES ET AQUATIQUES 00 8
   3.1 Pertinence de la science
   3.2 Signes de changement
   3.3 Modalités du changement
   3.4 Facteurs institutionnels
4. MISE AU POINT DU SYSTÈME 12
   4.1 Gestion des récoltes
      4.1.1 Le projet du golfe Saint-Laurent
      4.1.2 Le programme de mise en valeur du saumon
      4.1.3 La gestion des lacs
      4.1.4 La contribution des sciences sociales
      4.1.5 Les institutions et leur rôle dans la gestion
      4.1.6 La gestion des programmes de recherche
   4.2 L'aquiculture
   4.3 Utilisation des ressources
   4.4 Qualité de l'environnement aquatique
   4.5 Autres sous-systèmes
   4.6 Résumé
5. LA COMMUNAUTÉ UNIVERSITAIRE 22
   5.1 Un rôle nouveau
   5.2 Changement des priorités
   5.3 La réaction du gouvernement fédéral
   5.4 La recherche unidisciplinaire
   5.5 Les besoins éducationnels d'une gestion scientifique des ressources
   5.6 Systèmes d'investigation
   5.7 Résumé
6. VERS UN PROGRAMME « PERTINENT » D'AIDE AUX UNIVERSITÉS 25
   6.1 Situation actuelle
   6.2 Eléments d'une politique universitaire « pertinente »
   6.3 Recommandations
   6.4 Formation en vue de la demande future
7. CONCLUSION 29
8. RÉFÉRENCES 31

[1] Version française de « Perspectives », publié dans le *Journal de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1977, 34(7): 1046–1073.

[2] Ce rapport a été préparé sous contrat pour le compte de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les opinions qu'il contient sont celles de l'auteur et ne sont pas nécessairement partagées par l'Office.

Résumé

FLETCHER, H.F., 1977. Vers une science pertinente: Besoins en ressources scientifiques halieutiques et aquatiques au Canada, FRB Report N° 14: 32 p.

De récents changements dans la politique scientifique révèlent un besoin accrue d'activités scientifiques appropriées. Ceci améliorera, au profit des Canadiens, le processus décisionnel en matière de politiques et de gestion. L'auteur analyse les effets d'une recherche plus pertinente sur les pêches et sur la communauté des spécialistes en matière de sciences aquatiques et indique des mesures propres à orienter la science dans cette nouvelle voie.

Il en conclut que le dynamisme de l'effort scientifique dépendra de plus en plus d'une politique et d'une planification en matière de ressources et d'environnement. De là découle la nécessité de mettre au point un système plus ordonné de transfert des connaissances scientifiques dans le processus décisionnel. Les techniques d'analyse appliquée des systèmes sont considérées comme étant une solution possible.

L'auteur préconise une meilleure utilisation des connaissances en sciences humaines et en sciences sociales dans la synthèse des connaissances en sciences sociales. Cette synthèse des connaissances sur lesquelles seront fondées les politiques et les décisions en matière de gestion peut être rigoureusement contrôlée grâce aux connaissances déjà acquises ou encore systématisée dans les limites imposées par les institutions actuelles. Dans le premier cas, il s'agit de recherche interdisciplinaire et dans le second, de planification. L'évaluation actuelle des problèmes en matière de ressources et d'environnement fait ressortir le besoin de mettre au point des programmes de recherche interdisciplinaire, de mieux planifier et d'établir d'étroits rapports entre les deux activités. On souligne le rôle de la communauté universitaire dans la recherche interdisciplinaire et on indique les moyens de rendre ce rôle plus efficace et de resserrer les liens avec le gouvernement et autres groupes de clients. Le fait d'attacher plus d'importance à la recherche interdisciplinaire dans les universités a de fortes répercussions sur les besoins éducationnels de l'avenir.

Abstract

FLETCHER, H.F., 1977. Toward a relevant science: fisheries and aquatic scientific resource needs in Canada, FRB Report No. 14: 32 p.

Recent shifts in science policy express an increased demand for scientific activities that are relevant — that will enhance the policy and management decision process for the benefit of Canadians. The implications of the increased focus on relevance to the fisheries and aquatic scientific community are discussed and measures to strengthen science in this new operating context are described.

It is concluded that an effective scientific effort will increasingly depend on the effectiveness of resource and environmental policy and planning. Arising from this conclusion is the need to develop a more orderly system of transferring scientific knowledge into the decision process. The application of applied systems analysis techniques is discussed as one solution.

It is also argued that more effective use of the knowledge of the human and social sciences is imperative to an effective synthesis of natural science knowledge. The synthesis of knowledge leading to policy or management decision alternatives can be subjected to rigorous testing against present scientific understanding or can be systematized within the constraints of existing institutional arrangements. The former describes interdisciplinary research; the latter, planning. Current perceptions of resource and environmental problems point to a need for developing interdisciplinary research programs, for strengthening the planning activity, and for establishing strong links between them. The role of the university community in interdisciplinary research is emphasized and prescriptions for strengthening this role and linkages with government and other client groups are outlined. An increased focus on interdisciplinary research in universities has significant implications in meeting educational needs for the future.

1. Introduction

1.1 Un dilemme d'ampleur mondiale

Au moment de la rédaction de ce rapport, nous arrivait l'avis de convocation de la deuxième conférence annuelle de l'Association canadienne du Club de Rome. Le thème de la conférence de 1976, « Long Range Planning and Consensus in the Modern Society », est bien approprié à la présente étude. On y commente la difficulté qu'ont les institutions politiques, les établissements privés et les autres groupes d'influence de par le monde à relever des défis sans précédents. On poursuit en disant: « Il est certain que si l'on ne met pas fin aux tendances actuelles, les problèmes économiques et les désordres sociaux s'accroîtront, tant au niveau national qu'international. On pourrait remédier à cette situation en recourant à des mesures autoritaires; ceci comporterait toutefois des contraintes incompatibles avec une démocratie libérale et une liberté traditionnelle. L'autre solution serait de substituer la suggestion à l'autorité et de favoriser une participation active de la part des responsables, tant du domaine privé que public; dans ces conditions, la prise de décision se ferait de concert. Toutefois, est-il possible d'être aussi démocratique dans une société moderne où des aspirations opposées se font la lutte? »

Mais nous nous acheminons peut-être vers un système qui mettrait l'accent sur le rôle de soutien des gouvernements dans un processus décisionnel plus partagé, plus décentralisé, et sur une participation plus directe des scientifiques à l'établissement des normes.

On connaît bien les problèmes auxquels la civilisation fait face à l'heure actuelle [3]: explosion des populations; production, stockage et distribution limités de nourriture; épuisement des ressources devant une demande accrue dans le monde entier; détérioration de l'environnement (Johnson 1975). Les problèmes ont un caractère essentiellement humain et social. L'analyse qu'en font, d'une part, les prophètes de malheur et, d'autre part, les défenseurs d'une croissance économique rapide et de l'« alternative technologique » sont les deux extrêmes d'une gamme d'idéologies qui, à divers degrés, influent sur nos vies, nos décisions politiques, notre économie et nos institutions. L'incertitude et la crainte du changement entretiennent chez plusieurs une forte tendance à se retrancher, à s'accrocher à des valeurs et à des méthodes passées et à résoudre des problèmes nouveaux par des méthodes et des institutions périmées. La science, tout comme les autres activités humaines, est au prise avec des problèmes d'envergure. Devant ces difficultés, les institutions scientifiques ont fait preuve d'autant d'inertie que les autres institutions.

La situation actuelle permet de mettre à profit les capacités intellectuelles et créatrices des citoyens en vue de trouver une solution à des problèmes particulièrement difficiles (Rittle *et al.* 1973). Bien sûr, en réponse à une complexité croissante, il est essentiel que les connaissances en sciences naturelles et en sciences sociales soient unifiées de façon à répandre une lumière nouvelle sur ces problèmes et sur la façon de les attaquer. Afin d'utiliser adéquatement les ressources, il nous faut mettre de côté l'idée qu'il existe une barrière invisible entre l'écologie et les sciences politiques, ou que les bénéfices que nous avons retirés, au cours des décennies passées, de la spécialisation et des méthodes réductionistes, sont des raisons pour qu'on leur accorde la même importance à l'avenir.

1.2 But de l'étude

Nous avons entrepris la présente étude à la demande du Comité permanent de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Son but principal est: 1° d'évaluer l'aptitude de la communauté scientifique halieutique et aquatique à répondre à des besoins à court et à long termes, et vérifier si l'on a tiré le meilleur parti possible des ressources disponibles; 2° d'analyser les méthodes de gestion des différentes institutions, afin de s'assurer que l'on tient compte de l'apport de la science halieutique et aquatique dans le processus décisionnel. Nous avons effectué cette étude parallèlement à celle de Caissie et Willmer (1976), qui se sont attachés surtout à décrire la situation actuelle.

Ce rapport est fortement influencé par les études entreprises récemment pour le compte de l'Office des recherches sur les pêcheries, en particulier celles de H.A. Regier, F.D. McCracken, R.D.S. Macdonald, G.I. Pritchard et K.H. Loftus. Il est intéressant de constater que tous ces auteurs en sont arrivés à des conclusions semblables au sujet du problème auquel la science et la société font face. Le présent auteur n'a peut-être fait que reprendre en des formes différentes les idées déjà exprimées; toutefois, ses recherches et son expérience lui ont peut-être permis d'y apporter des éléments nouveaux. De toute façon, il est certain que nous nous débattons tous avec un problème omniprésent qui touche profondément la science, et qui ne peut être

[3] Ces problèmes sont bien connus, mais on ne sait pas trop comment les résoudre. En fait, des énoncés malthusiens de ce genre servent trop souvent à justifier des actions inadéquates.

résolu qu'en considérant cette dernière en relation avec les facteurs mêmes qui l'affectent. Des études comme celle-ci ne clarifieront pas entièrement le problème; elles peuvent cependant fournir des indications sur la façon d'y arriver. C'est plutôt en expérimentant et en analysant chaque action accomplie que l'on parviendra à une bonne compréhension. Comme nous le soulignons dans le rapport, les occasions ne manquent pas de mettre en branle de tels processus ou de voir à la bonne marche de ceux déjà en cours.

2. Le système de la politique scientifique

Le perfectionnement des techniques de guerre au cours de la Seconde Guerre mondiale et l'intérêt soudainement accru du public pour une technologie hautement perfectionnée ont favorisé le développement et la spécialisation de la science. Une évolution aussi rapide a donné naissance à une multitude d'institutions de recherche scientifique unidisciplinaire qui ont permis d'améliorer la communication au sein de chaque spécialité. Pendant les années 1940 et 1950, le public comptait beaucoup sur la compétence des scientifiques et des technologues pour résoudre les problèmes de l'homme; en fait, on avait trop attendu de la science et de la technologie. Ces dernières s'étant montrées incapables de résoudre des problèmes sociaux et économiques de plus en plus pressants, on commença, pendant les années 60, à se montrer sceptique à leur endroit. Une technologie, trop souvent orientée sur elle-même plutôt que sur les effets qu'elle pourrait avoir sur la société et l'environnement, eut des résultats négatifs et contribua à alimenter ce scepticisme. Sans doute, le taux exponentiel d'augmentation de l'effort scientifique (qui double à tous les 10 ou 15 ans en Angleterre) et de ses coûts ont-ils influencé l'attitude du public à l'endroit de la science et de la technologie (Macdonald 1969). Tous ces facteurs ont entretenu, à des degrés divers, le débat sur la science qui commença au Canada avec la formation de la Commission Glassco en 1960. Le débat prit de l'ampleur vers la fin des années 60 et on entreprit de nombreuses études. La formation du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie en vertu de la Loi sur l'organisation gouvernementale sanctionnée en 1971, la promulgation subséquente de la politique d'impartition et l'élargissement de cette dernière pour englober les propositions non sollicitées sont des exemples des réactions politiques devant l'intérêt manifesté par le public pour la science et la technologie, et pour la publication de divers rapports sur le sujet (en particulier celui du Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique).

Une tâche importante du Comité sénatorial fut l'élaboration d'une politique cohérente qui permettrait au Canada de mieux réaliser ses objectifs économiques et de résoudre ses problèmes sociaux de façon plus réaliste. Suite aux recommandations du Comité sénatorial, le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie s'intéressa tout d'abord aux domaines de l'industrie et du commerce; ceci se reflète dans la politique d'impartition visant à réduire l'ampleur actuelle de la recherche et du développement effectués dans les ministères et de l'augmenter dans le secteur industriel.

Une politique définissant les rôles essentiels du gouvernement fédéral dans le domaine des sciences fut lente à se développer. Cette lenteur est attribuable en partie à l'attitude de ceux, encore assez nombreux, qui considèrent la science comme une activité séparée des autres activités humaines. À l'heure actuelle, le cabinet fédéral reconnaît qu'une politique scientifique doit regrouper les politiques concernant trois domaines distincts (courtoisie du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie):

a) Politiques d'aide à la science, comprenant l'aide à la recherche universitaire au niveau postgradué, une représentation scientifique à l'étranger, la participation du Canada aux organismes scientifiques internationaux, le recours à une main-d'œuvre ayant reçu une formation scientifique, la diffusion de renseignements scientifiques et la dotation de services de recherche fondamentale fournis par le gouvernement.

b) Politiques concernant l'utilisation des ressources scientifiques et techniques; ceci comprend les politiques des ministères et des autres organismes sur la façon dont ils utilisent la science et la technologie pour atteindre leurs objectifs, les politiques élaborées en collaboration par plusieurs ministères et définissant les vastes objectifs d'une technologie perfectionnée et enfin les politiques visant à établir un protocole d'utilisation de la science et de la technologie (e.g. politique d'impartition).

c) Orientation politique générale, comprenant la participation des scientifiques à l'élaboration des politiques stratégiques nationales à long terme et l'introduction de connaissances, d'analyse et de méthodologie scientifiques dans la planification.

On étudie présentement les problèmes rencontrés dans les relations entre le gouvernement et les universités. Ces problèmes portent, entre autres, sur la tendance à embaucher des candidats ayant reçu une formation postgraduée, les effets de l'inflation et les frais indirects de la

recherche. À l'heure actuelle, on s'accorde à dire que l'aide gouvernementale à une discipline particulière, y compris l'aide aux étudiants diplômés, doit tenir compte des besoins prévisibles en chercheurs scientifiques. Jusqu'à maintenant, exception faite de la politique d'impartition, les intentions du gouvernement quant à la façon d'utiliser les ressources scientifiques et technologiques n'ont pas été formellement exprimées. Plusieurs changements ont été amorcés à la suite d'énoncés d'intentions de la part du gouvernement; cependant, il n'en résultera probablement aucune action tant qu'il n'y aura pas de fonds disponibles.

2.1 La politique d'impartition

La figure 1 montre la réaction du ministère des Pêches et de l'Environnement et du Service des pêches et de la mer face à la politique d'impartition mise en vigueur en 1972.

L'augmentation du volume de recherches effectuées sous contrat, en grande partie dans le secteur privé, a été accompagnée d'une diminution (en pouvoir d'achat) de l'aide accordée aux universités par le Conseil national de recherches (fig. 2). Les subventions accordées par le Ministère à la recherche universitaire ont également diminué (fig. 3). Cette diminution des subventions et octrois a été quelque peu compensée par une augmentation de la recherche par contrat. Cependant, cette dernière porte surtout sur la recherche appliquée et la mise au point de nouvelles techniques.

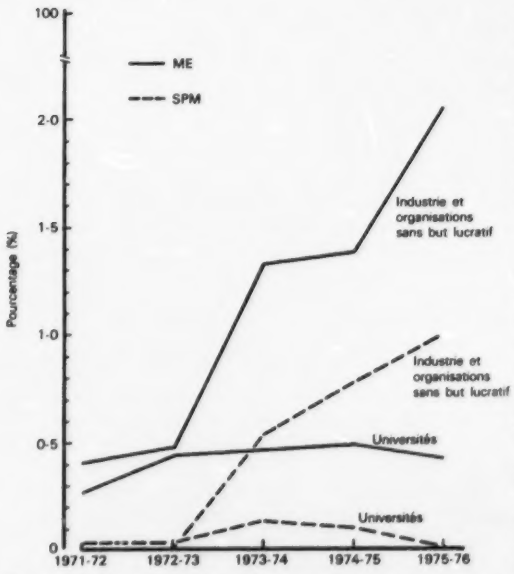
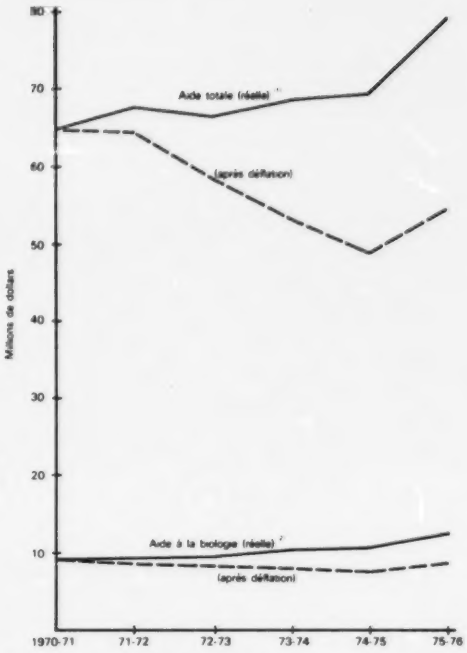


Fig. 1 Montants consacrés à la recherche et au développement effectués sous contrat au ministère des Pêches et de l'Environnement (en pourcentage des dépenses totales).



Source Rapports annuels sur les bourses et les subventions d'aide à la recherche
[1] Provenance des fonds Conseil national de recherches
Comités scientifiques de l'OTAN
[2] Subventions à la recherche Comités de biologie du CNRC

Fig. 2 Programme d'aide à la recherche universitaire du Conseil national de recherches. (Les chiffres, qui ont été fournis par Statistiques Canada, ont été corrigés suivant l'indice implicite des prix. Cet indice couvre la gamme entière de biens et de services produits et vendus, et constitue le plus complet de tous les indicateurs économiques. Il se peut toutefois qu'il ne représente pas exactement l'ampleur de l'impact inflationnaire sur la science, mais il donne une idée de la tendance générale.)

La politique d'impartition consiste à satisfaire les besoins des ministères en recherche et en développement spécialisés en sciences naturelles au moyen de contrats avec l'industrie plutôt que d'utiliser les fonctionnaires et les installations gouvernementales. Cette politique couvre l'éventail des besoins en recherche et en développement, ainsi que la construction de nouveaux laboratoires ou l'agrandissement de laboratoires déjà existants.

Les critères qui permettent de décider si la recherche et le développement doivent être effec-

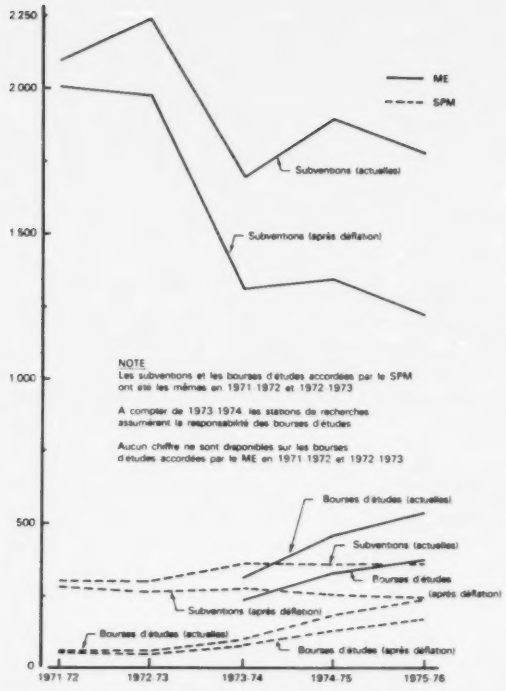


FIG. 3 Subventions et bourses d'études accordés par le ministère de l'Environnement et le Service des pêches et de la mer de 1971 à 1976. (Afin de placer ces montants dans leur propre perspective, notons qu'ils représentaient 0.004% du budget total du ministère de l'Environnement et 0.002% du budget total du Service des pêches et de la mer en 1975-1976. Pour ce qui est des bourses d'études, les pourcentages sont de 0.001 et 0.002% respectivement.)

tués ou non à l'intérieur des ministères sont les suivants:

1° lorsque des raisons de sécurité empêchent d'avoir recours à l'industrie;

2° lorsqu'un projet en particulier ne s'applique pas à l'industrie ou que l'industrie canadienne ne possède pas la compétence requise;

3° lorsque la réglementation et la planification doivent être appuyées par la recherche et le développement intra-muros, et lorsque des sociétés privées, indépendantes de celles qui seront soumises à la réglementation, n'existent pas ou ne peuvent être formées;

4° lorsque la recherche et le développement intra-muros sont essentiels à l'établissement et au maintien de normes nationales;

5° lorsque la recherche et le développement sont essentiels à l'acquisition, par les ministères, de connaissances suffisantes pour juger des occasions favorables que peut offrir l'état actuel de la connaissance, accomplir leur mission et administrer la recherche effectuée sous contrat par l'industrie;

6° lorsque la recherche et le développement sont nécessaires au maintien et au fonctionnement d'installations internes chargées de fournir à l'industrie canadienne les services de vérification et de recherche dont elle a besoin.

La politique d'impartition n'exclut pas formellement la communauté universitaire. Dans la pratique, cependant, on n'accorde des contrats aux universités que dans les cas où l'industrie ne peut faire cette recherche. Bien que la politique s'applique aux « sciences naturelles », elle n'exclut pas la recherche et le développement en sciences sociales; d'ailleurs, il arrive que l'on accorde des contrats pour la recherche dans ce domaine.

Comme conséquence de cette politique on a dû créer un nouveau « palier administratif » et s'adapter à une série de procédures relatives à l'octroi de contrats et à la prise de décision. Il est toutefois trop tôt pour se prononcer sur les bénéfices réels de la politique par rapport à ses objectifs. Pendant les deux premières années de son application, les scientifiques et professionnels fédéraux se sont plaints surtout de la somme considérable de temps qu'exigeaient la préparation et la surveillance des contrats. Cependant, avec le rodage de la machine administrative, surtout celle d'Approvisionnements et Services Canada, on admet maintenant qu'une participation de ce genre permet de clarifier les objectifs et donne au programme de recherche et de développement une perspective différente. Elle favorise de plus des contacts utiles avec le secteur industriel. Dans l'industrie, on s'est également plaint du peu d'experts capables de répondre aux besoins. La situation s'est quelque peu améliorée dans certains domaines grâce à la formation d'un plus grand nombre de spécialistes et à l'augmentation de la concurrence. Dans les domaines qui requièrent un travail méticuleux, les résultats sont quand même décevants ou exigent une supervision excessive.

En pratique, les fonds et le personnel affectés à la préparation et à la surveillance des contrats sont les facteurs limitants de l'impartition, compte tenu de la nécessité de maintenir des programmes de recherche et de développement intra-muros. Au Laboratoire océanographique de l'Atlantique, par exemple, la préparation et la surveillance d'un projet effectué sous contrat exigea trois mois-hommes du temps d'un scien-

tifique supérieur et pratiquement tout le temps d'un ingénieur. Si les fonds disponibles permettaient d'accorder plus de contrats, on pourrait réduire considérablement la recherche et le développement effectués à l'intérieur des ministères.

Les contrats accordés dans les cadres de la politique d'impartition touchent principalement la recherche appliquée, la mise au point d'instruments et d'outils ou la cueillette de données. La recherche fondamentale ne reçoit qu'un nombre insignifiant de contrats. Cependant, si un ministère le désire, il peut « acheter » des programmes de recherche fondamentale à long terme ainsi que d'importants programmes scientifiques de recherche appliquée ou de cueillette de données. Toutefois, dans le cas de services publics essentiels à caractère scientifique et pour lesquels le gouvernement fédéral est responsable, le ministère lui-même est également responsable devant un tribunal civil. Ceci impose des limites à l'« achat » d'importants programmes.

La clause particulière de la politique d'impartition touchant les propositions non sollicitées facilite la mise en œuvre de travaux de recherche suggérés par des organismes non gouvernementaux, en particulier ceux du secteur privé. Le ministère des Approvisionnements et Services administre des crédits budgétaires à cet effet. Ces crédits servent à financer des projets non sollicités qui ne pourraient être financés par un autre ministère parce que non prévus dans les budgets courants.

2.2 La politique d'aide à la recherche universitaire

La diminution des crédits accordés au soutien de la recherche fondamentale a été, pour la communauté scientifique, un sujet de vive inquiétude et la cause de nombreux mémoires adressés au gouvernement fédéral. En général, ces mémoires recommandent un retour aux anciens niveaux « réels » d'aide à la recherche fondamentale. L'inflation a entraîné une véritable diminution de l'aide qui lui était accordée (fig. 1 et 2). La plupart des mémoires soulignent ces points ainsi que la contribution de la recherche dans le passé. Mais il en est peu qui font état de la nécessité d'évaluer et de justifier une science en particulier, ou la science en général, face à la situation économique actuelle et aux besoins accrus en science dans une société rapidement changeante. Le contexte n'est plus le même, et le message n'a pas encore été entendu par toute la communauté scientifique. Cependant, certaines études, telles que celle de la Commission d'étude sur la recherche universitaire (Bonneau et Corry 1972) de l'Association des universités et collèges du Canada (AUCC), attire l'attention sur le problème de façon admirable.

Au gouvernement fédéral, on a été lent à rationaliser les politiques d'aide aux universités. Alors que la politique scientifique actuelle met l'accent sur le développement économique, il est remarquable que la seconde phase du travail du Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique (passer en revue la recherche en sciences sociales et faire des recommandations) n'a pas été amorcée. Le gouvernement reconnaît le besoin de renforcer la recherche en sciences sociales, mais aucune action n'a encore été prise dans ce sens [4]. Il a également signifié son intention d'encourager la recherche interdisciplinaire. Mais il existe encore beaucoup de confusion sur la définition de la recherche interdisciplinaire, et on n'a pas encore mis sur pied de mécanismes d'aide ou d'encouragement à cette catégorie de recherche.

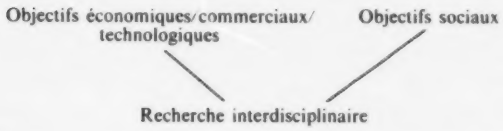
Le problème juridictionnel est une deuxième cause de retard dans l'élaboration d'une politique d'aide à la recherche universitaire. Les provinces, qui ont juridiction exclusive en matière d'éducation, reconnaissent l'influence que le gouvernement fédéral exerce sur l'éducation par l'aide qu'il accorde à la recherche ou par ses programmes d'achat. En fait, les provinces assument depuis plusieurs années les frais généraux d'une recherche financée par le gouvernement fédéral sans qu'elles aient voix au chapitre dans le processus décisionnel. Plusieurs provinces ont élaboré des politiques de recherche et établi des programmes d'aide à la recherche complémentaires à ceux du gouvernement fédéral. La plupart sont calqués sur le modèle de revue par les pairs, ou par les pairs et la gestion. Cela signifie un autre comité qui s'ajoute à la tâche déjà lourde des scientifiques canadiens.

2.3 Une lacune de la politique scientifique

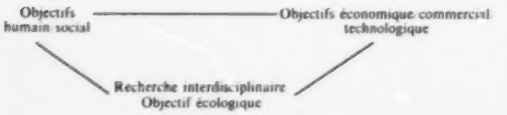
Le gouvernement fédéral a annoncé son intention de formuler des politiques qui distingueront entre les divers objectifs de la recherche scientifique. Jusqu'à maintenant, la politique scientifique, avec la mise en application du principe d'impartition et de divers programmes d'encouragement à l'industrie, a été fortement influencée par des objectifs économiques. On reconnaît le besoin de renforcer la recherche en sciences sociales comme moyen de résoudre la

[4] La recherche et le développement en sciences sociales, en pourcentage du dollar fédéral consacré à la recherche et au développement, augmentèrent de 7.1% en 1971-1972 à 12.1% en 1975-1976. En pouvoir d'achat, les niveaux de 1971-1972 n'ont pas été maintenus.

multitude de problèmes sociaux qui dominent la scène aujourd'hui. On se propose également d'encourager la recherche interdisciplinaire; cependant, il semble que ses défenseurs ne donnent pas tous la même signification à ce terme. On pourrait donc représenter comme suit le cadre d'une politique scientifique en voie de naître:



Si cette représentation est le moindrement fidèle, elle révèle une étrange omission qui n'a pas été relevée par les groupes de biologistes et d'écologistes lors de leurs interventions en matière de politique scientifique. Si le gouvernement doit introduire des politiques qui tiennent compte des divers objectifs de la recherche scientifique, la connaissance des écosystèmes naturels et de l'impact de l'homme sur ces écosystèmes est un objectif qui mérite sûrement d'être formellement énoncé. On ne peut trop insister sur l'importance de formuler clairement de telles politiques, vue leur profonde influence sur les programmes scientifiques ayant trait à l'environnement et à la gestion des ressources, ainsi que sur l'aide à la recherche qui s'y rapporte. De plus, comme nous le démontrons plus bas, en incluant l'écologie parmi les objectifs de la politique scientifique et en mettant davantage l'accent sur l'aspect social, on élargirait d'autant le sens de la recherche interdisciplinaire (du moins selon la définition que donne à ce genre de recherche le programme sur l'homme et la biosphère du Canada [MAB Canada 1975] et que nous utilisons dans ce rapport).



À notre avis, pour contribuer au développement d'une science halieutique et aquatique adéquate, une politique scientifique doit nécessairement contenir un objectif écologique [5]. Si l'on tarde à reconnaître que les objectifs écologiques sont au moins aussi importants que les objectifs sociaux, les premiers deviendront inévitablement plus importants que les seconds.

Le modèle présenté plus haut peut logiquement servir à l'élaboration d'une politique. Si l'on doit recourir à la science dans l'élaboration des politiques (page 4) en tenant compte du dilemme actuel, il est évident qu'on doive le faire dans un cadre d'intégration plutôt que dans le cadre unidisciplinaire traditionnel qui, tout au mieux, peut être qualifié de réductioniste.

C'est dans un cadre d'intégration de cette nature que nous analysons, dans le présent travail, la pertinence de la science.

3. Les effets de la politique scientifique sur les sciences halieutiques et aquatiques

D'après notre mandat, nous devions évaluer les ressources scientifiques et juger de leur capacité à faire face à des obligations à court et à long termes. Nous nous sommes rendus compte au tout début de l'étude qu'on ne pouvait attaquer de tels problèmes dans les cadres existants, c'est-à-dire avec les installations et les systèmes de planification et d'information traditionnels. Ces cadres n'ont pas encore suffisamment évolué et ne reflètent pas la façon dont on perçoit maintenant les problèmes de gestion des ressources, ou les moyens de résoudre ces problèmes (Chevalier *et al.* 1972; Friedman 1967). Naturellement, ces moyens comportent l'élargissement et le transfert des connaissances; et ici, la science institutionnelle elle-même doit être considérée comme partie d'une scène changeante.

Au chapitre précédent, nous avons décrit en détail le système de la politique scientifique. Son point central est la pertinence de la science. Dans ce contexte, le rôle premier des activités scientifiques relevant du domaine des sciences halieutiques et aquatiques serait d'étendre et d'utiliser les connaissances dans le but d'une meilleure politique et d'une meilleure gestion des ressources et de l'environnement. Les objectifs scientifiques doivent tenir compte de l'avenir immédiat tout autant que de l'avenir plus éloigné. Dans le premier cas, on utilise surtout les connaissances actuelles; dans le second, on doit combler les vides par une meilleure compréhension des systèmes humain, social, économique et éco-physique appropriés.

3.1 Pertinence de la science

La signification du mot « pertinence » est en train de changer. Aux yeux du scientifique, la pertinence est fondée beaucoup plus sur l'acceptation par ses pairs que sur sa contribution à

[5] La formation du *Natural Environment Research Council* (NERC) en Grande-Bretagne en 1965, conformément à la Loi sur les sciences et la technologie, constitue un geste concret démontrant la nécessité d'en connaître davantage sur le système éco-physique.

l'élaboration des politiques ou sa participation aux décisions administratives. Les scientifiques ont toujours préféré des organismes de recherche séparés des autres activités des ministères. La recherche de longue haleine (comme d'ailleurs la planification à long terme) est parfois difficile à accepter pour celui qui est aux prises avec les problèmes de chaque jour. La planification, les budgets, l'évaluation et les systèmes d'information et de récompenses favorisent naturellement une action qui donne des résultats immédiats (Vickers 1967). Traditionnellement, les deux types d'activités ont été séparés soit par des institutions distinctes, comme les laboratoires de l'ancien Office des recherches sur les pêcheries ou du Conseil de recherches pour la défense, soit par une séparation interne, dans le ministère lui-même, quand l'envergure et le genre de recherche le justifie (comme c'est le cas à Agriculture Canada).

Une bonne partie, sinon la majeure partie de la recherche scientifique effectuée dans les laboratoires gouvernementaux est conçue par les scientifiques eux-mêmes et « vendue » aux cadres. On a qualifié cette situation de « poussée de bas en haut » (Wynne-Edwards et Neale 1976). Cela ne veut pas dire que la recherche n'est pas pertinente; c'est plutôt une question de degré. La façon dont les scientifiques conçoivent la recherche est en grande partie déterminée par leur façon de percevoir les choses. On peut soutenir qu'il en est résulté bien des progrès. Mais la science doit être « pertinente » face aux problèmes d'aujourd'hui tout comme à ceux de demain. C'est là le but d'une politique scientifique. Cette « vente » par les scientifiques démontre une bonne compréhension des choses et doit donc être traitée en tant que rétroinformation dans un processus décisionnel bien mis au point concernant l'action directoriale de gestion des ressources. Ce processus permet de découvrir les lacunes qui existent dans nos connaissances en fonction des besoins humains et sociaux (voir section 2).

3.2 Signes de changement

Il semble donc qu'on exigera autre chose des scientifiques et de ceux qui sont chargés du transfert, de la synthèse et de l'utilisation des connaissances (Gregory 1975). Compte tenu de la diversité des problèmes, des différentes façons de les envisager et des changements qui se produisent dans les pêches, les sciences halieutiques et aquatiques fournissent une bonne occasion aux scientifiques qui veulent relever le défi. Les réalisations passées ou l'élan actuel ne nous permettent donc pas d'affirmer que les ressources scientifiques dans le domaine des sciences halieutiques et aquatiques sont suffisantes pour que l'on puisse s'acquitter d'obligations à court et à long termes. Ce serait ignorer une réalité rapidement changeante que de fournir des réponses fondées sur une information reflétant d'anciennes conceptions des besoins scientifiques et, partant de là, d'en arriver à un système de groupement, d'utilisation et de classification des scientifiques. Après avoir défini un contexte convenable, qui reflète des conditions changeantes, les données peuvent aider à comprendre le contexte actuel et à mettre à jour les lacunes. On devra donc, dans l'évaluation des ressources scientifiques, établir un cadre conforme aux réalités de la politique scientifique, aux changements organisationnels et à la conception nouvelle de la gestion des ressources et de la recherche scientifique, pour ne mentionner que ces points. Définir ce cadre est en même temps définir les nouveaux besoins institutionnels, les modes de gestion, les critères d'évaluation et la forme d'information scientifique qui réduiront les barrières entre la recherche et les opérations, d'une part, et entre la science et le processus de décision et d'élaboration des politiques, d'autre part.

Dans le domaine des pêches, la décision prise en 1973 d'intégrer les laboratoires de l'Office des recherches sur les pêcheries au Service des pêches et de la mer résultait d'une politique visant à rendre la science plus pertinente. La récente réorganisation du Service a été lente, en partie à cause des difficultés à résoudre certains problèmes d'organisation de la recherche et d'activités scientifiques connexes. Néanmoins, le sort en est jeté, pour le moment du moins. On croît que des liens organisationnels étroits entre les groupes scientifiques et les groupes opérationnels amélioreront à la fois la science et la gestion des pêches.

La grande diversité de situations qu'offrent présentement les pêches semble favoriser l'application de méthodes nouvelles. Premièrement, la gestion des pêches constitue un problème crucial, tant du point de vue écologique, que du point de vue socio-économique et institutionnel. Deuxièmement, on s'accorde à dire qu'il faudra remplacer par une approche nouvelle l'approche de gestion traditionnelle fondée sur la connaissance des espèces. Troisièmement, ce problème et ce besoin d'approches nouvelles coïncident avec les changements qui ont résulté d'une décennie de controverse sur une politique scientifique. Finalement, l'union de deux groupes scientifiques (celui des pêches et celui de l'océanographie) est de nature à favoriser une meilleure compréhension de notre environnement aquatique.

3.3 Modalités du changement

Pour satisfaire aux exigences de la politique scientifique, les scientifiques aussi bien que les non-scientifiques devront modifier leurs anciennes façons de penser. On met en doute l'ancienne théorie des scientifiques voulant que la liberté soit nécessaire à la créativité et à l'innovation. Par liberté on entend une certaine indépendance institutionnelle des activités et des objectifs du secteur des opérations. Le personnel d'exploitation ne verra pas d'un très bon œil une intervention « scientifique » dans sa façon traditionnelle de s'acquitter de sa tâche. La tendance qu'ont les scientifiques à éviter de faire des prédictions tant que « l'on n'a pas plus d'information » devra être contrebalancée par la tendance opposée du personnel d'exploitation à réagir rapidement afin de faire face aux problèmes du monde réel. Cette expérience de politique scientifique (on peut en effet l'appeler ainsi) soulève d'intéressantes questions sur le transfert de l'information et sur les dispositions organisationnelles. La fusion de la recherche et des opérations (la théorie et la pratique) ne portera des fruits qu'en autant qu'on voudra bien utiliser de nouvelles méthodes conçues pour résoudre des problèmes complexes. Bien sûr, il existe une littérature de plus en plus abondante sur les systèmes d'investigation « scientifique » (Kuhn 1970; Maruyama 1973; Mitroff et Pondy 1974; Popper 1959; Rhyne 1971). Il n'est pas difficile non plus de trouver des exemples d'application d'une telle théorie à la solution de problèmes réels (Chevalier 1969; Chevalier *et al.* 1972; Gibbons et Voyer 1974; White et Gates 1974). Cependant, les organisations traditionnelles reflètent des concepts traditionnels et, dans l'ensemble, ne sont pas très sensibilisées à ces nouvelles méthodes. Pour cette raison, les exemples d'application de ces méthodes sont incomplets et sporadiques.

Il existe toute une méthodologie applicable ici. On la désigne communément sous le nom d'analyse appliquée des systèmes. Il faut toutefois être prudent dans l'emploi du terme car il n'a pas la même signification pour tous. Comme le souligne Regier (1976b), il faut distinguer entre l'analyse systémique utilisée dans l'élaboration de modèles d'écosystèmes et l'analyse appliquée des systèmes dans le sens que leur donnent, par exemple, l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes (IIAAS), le programme sur l'homme et la biosphère et l'*Institute of Animal Resource Ecology* (Université de la Colombie-Britannique). Cette dernière interprétation « holistique » s'applique à la discussion présentée plus loin dans ce rapport. En outre, nous soulignons que les méthodes d'analyse appliquée des systèmes ne se limitent pas à la manipulation mathématique de modèles sur ordinateur, mais incluent une multitude de méthodes « douces » mises au point surtout en psychologie et en sociologie, et appliquées au marketing, à la gestion et à la planification. Plusieurs de ces techniques ont été utilisées comme outil de « formation » au Service des pêches et de la mer et au ministère des Pêches et de l'Environnement. Aucune n'a cependant été appliquée comme partie intégrante du processus décisionnel. Par exemple, des techniques de simulation mises au point à l'*Institute of Animal Resource Ecology* (Université de la Colombie-Britannique) n'ont pas été beaucoup utilisées au Ministère. On trouve un autre exemple au *Westwater Research Centre* (Université de la Colombie-Britannique) où, au cours d'une recherche sur les politiques, une synthèse ordonnée des connaissances, en sciences naturelles et en sciences sociales a conduit à la prise de décision en matière de gestion de la qualité de l'eau dans le bas Fraser (Dorsey 1976; Swanson 1976).

Les scientifiques, tout comme les dirigeants, voient avec scepticisme des approches holistiques de ce genre. Cela est dû au manque de compréhension et à la tendance naturelle à conserver des méthodes et des systèmes d'investigation qui ont fait leur preuve, aux institutions et systèmes de gestion déjà en place, ainsi qu'au manque de connaissance de la gestion et des techniques de gestion.

3.4 Facteurs institutionnels

Au point de vue organisation, certaines mesures ont été prises au Service des pêches et de la mer dans le but d'établir des liens plus étroits entre la science et le processus décisionnel en matière de gestion des ressources.

L'agencement traditionnel en vertu duquel la recherche et les opérations relèvent d'institutions séparées a déjà été abandonné au Service des pêches et de la mer avec l'intégration dans le Service des laboratoires de l'Office des recherches sur les pêcheries. À la Gestion des pêches, ainsi qu'aux Sciences océaniques et aquatiques (SOA), l'interprétation logique du modèle traditionnel voudrait que les unités de recherche relèvent d'un sous-ministre adjoint (S.-M.A.), en passant par des directeurs généraux (DG) scientifiques au niveau régional. Présentement, à la Gestion des pêches, les unités de recherche relèvent d'un directeur général régional qui relève lui-même, en matière de science et d'opérations, d'un sous-ministre adjoint également responsable de ces deux domaines. Aux Sciences

océaniques et aquatiques, les directeurs généraux régionaux relèvent d'un sous-ministre adjoint central responsable à la fois de la science et des opérations.

De plus, on encourage les scientifiques à participer davantage au processus décisionnel; c'est le cas, par exemple, du comité consultatif qu'on se propose de créer dans la région de l'Atlantique. Son rôle serait de passer en revue et d'interpréter l'information et les données scientifiques à l'intention des gestionnaires responsables de la répartition des ressources. Cependant, les scientifiques demeurent sceptiques quant aux résultats que les récents changements apporteront.

Lors des nombreuses rencontres que nous avons eues avec les scientifiques à travers le pays, au cours de la préparation de ce rapport, nous avons constaté qu'il restait encore beaucoup à faire pour convaincre les scientifiques de la pertinence de leurs travaux, conviction dont ils ont besoin. Les plaintes le plus communément entendues portaient sur le manque de direction en matière de politique centrale, le manque de dialogue avec les dirigeants à Ottawa, le manque de participation à la planification et à l'établissement des priorités, le manque de liberté qui permettrait aux gestionnaires de la recherche de gérer, le manque de clarté du raisonnement à la base des décisions prises centralement et régionalement et enfin la nécessité de se consacrer de plus en plus à la solution de problèmes à court terme. Sur ce dernier point, la plupart reconnaissent qu'une telle participation est stimulante et contribue à rendre la recherche plus efficace. La plupart des scientifiques ont d'ailleurs participé, à un moment ou l'autre, à des activités de ce genre. Cependant, plusieurs craignent qu'on aille trop loin dans cette direction et que la recherche à long terme sur les mécanismes responsables des phénomènes observés en souffre.

Ces réactions confirment la conclusion à laquelle nous étions déjà arrivés: le point de contact entre les scientifiques, d'une part, et les responsables des opérations, de la gestion des ressources et des décisions politiques, d'autre part, est le principal obstacle à une amélioration de l'effort scientifique au Service des pêches et de la mer. De plus, les observations recueillies au cours de cette étude démontrent que d'autres problèmes, tels que l'administration de la recherche, le double emploi dans la recherche, les systèmes d'information, la formation et les ressources dont on aura besoin, pourraient être facilement résolus, si cet obstacle disparaissait.

Pour y arriver, cependant, il faudra faire des changements importants, non seulement dans la science elle-même, mais aussi dans la planification, l'action directoriale de gestion et les processus administratifs de soutien. Ce qui précède démontre que la pertinence de la science dépendra de plus en plus de la pertinence de l'action directoriale de gestion. Les dispositions prises au Service des pêches et de la mer en vue d'établir des liens plus étroits entre la science et l'action directoriale de gestion des ressources peuvent être vues avec un certain scepticisme, pour des raisons déjà mentionnées. Cependant, une telle attitude n'est justifiée que si l'on ne prend pas les dispositions nécessaires pour créer un système plus souple de planification et d'action directoriale de gestion. Il faudra tout d'abord introduire des méthodes d'analyse appliquée des systèmes afin de faciliter le transfert des connaissances scientifiques dans l'action directoriale de gestion des ressources. La participation des scientifiques à l'action directoriale de gestion leur ferait mieux comprendre les objectifs et les raisons de l'action, et aussi ce que l'on attend d'eux. Les directives autoritaires découlant de la présente stratégie de gestion par objectifs (Chevalier et Burns 1977) ne répondent pas à ce besoin.

Il est plus facile d'assurer un lien entre la science, la gestion des ressources et l'élaboration des politiques lorsque ces trois domaines relèvent d'une même autorité. Le Service des pêches et de la mer a la seule ou la principale responsabilité, au fédéral, en matière de gestion et de politique dans les domaines de la récolte, de l'aquiculture et de l'utilisation des produits. Pour ce qui est des autres aspects de la gestion des ressources et de l'environnement, il y a partage des responsabilités avec d'autres services, ministères et gouvernements. C'est ainsi, par exemple, que le Service des pêches et de la mer partage avec d'autres services et gouvernements la responsabilité de la qualité de l'environnement aquatique et de la récréation. Les autres domaines auxquels les scientifiques contribuent incluent les ressources océaniques, le transport, les prévisions météorologiques et la sécurité nationale. Un mandat institutionnel limitera donc l'usage des méthodes systématiques en vue d'établir des liens entre la science et l'action directoriale de gestion. Dans le cas où la pertinence de la science, comme nous le prétendons ici, exige une évaluation conforme aux critères de décision en matière de politique et de gestion, il faudra trouver de nouveaux mécanismes et de nouvelles structures pour faciliter un processus de transfert et d'évaluation plus ordonné (Regier 1976a). En fait, des mesures ont déjà été prises dans ce sens; mentionnons, entre autres, l'élaboration d'un plan d'ensemble de bassins hydrographiques suivant la Loi sur les ressources en eau du Canada, divers programmes d'évaluation de l'environnement (tels

que ceux du fleuve Mackenzie et de la mer de Beaufort) et la formulation d'une politique sur les océans.

Au chapitre suivant, nous donnons des exemples démontrant comment l'analyse appliquée des systèmes peut faciliter l'apport de connaissances scientifiques dans l'action directoriale de gestion et rendre ainsi l'effort scientifique plus pertinent.

4. Mise au point du système

Comme nous le faisions remarquer plus haut, il est plus facile d'établir un lien entre la science et l'action directoriale de gestion là où la science et l'élaboration des politiques sont la responsabilité d'un même organisme (Environnement Canada 1975). Ceci s'applique aux domaines de la gestion des récoltes, de l'aquiculture et de l'utilisation des produits. Dans le cas de la qualité de l'environnement aquatique et de l'aménagement des estuaires et des côtes, il y a partage des responsabilités. Ce qui suit s'applique aux deux types de responsabilités. On y indique des cas où l'analyse appliquée des systèmes peut être utilisée pour augmenter l'efficacité de l'effort scientifique dans ces importants domaines. Certains exemples font ressortir l'élaboration des politiques, d'autres la gestion des ressources, d'autres enfin les deux domaines. Ceci ne veut pas dire toutefois que d'autres composantes de chacun de ces systèmes ne méritent pas notre attention.

4.1 Gestion des récoltes

On reconnaît généralement qu'une gestion fondée exclusivement sur l'évaluation de stocks individuels et axée sur le rendement maximal soutenu, biologiquement défini, est manifestement inadéquate. On met de plus en plus l'accent sur le rendement optimal soutenu, socialement défini, que l'on considère comme étant plus approprié (Roedel 1971). Ce changement va de pair avec les changements dans la politique scientifique et dans la façon de concevoir les problèmes de gestion des ressources (bien que ces changements soient encore à l'état embryonnaire et, de ce fait, mal définis).

On croit généralement que l'objectif principal de la science dans le système de gestion des récoltes est la production de nourriture. Le rendement optimal soutenu que l'on préconise dépasse cet objectif et inclut un objectif social, soit celui d'améliorer la vie du pêcheur et de lui conserver une identité culturelle. Le rendement optimal soutenu tient compte de la nécessité d'élargir l'objectif de production de nourriture de façon à inclure un objectif socio-culturel. Ces deux objectifs sont intimement liés à un objectif écologique. On doit donc évaluer la pertinence de la science à la lumière de ces trois objectifs.

Devant le besoin d'intégrer les facteurs socio-économiques et écologiques au processus décisionnel, trois questions se posent: quelle est la meilleure façon d'y arriver, où trouver la recherche auxiliaire en sciences sociales et quelles dispositions institutionnelles pourraient faciliter cette intégration?

Au point de vue scientifique, la meilleure façon d'y arriver serait d'adopter une méthode bien ordonnée qui conduirait à des hypothèses vérifiables. Ainsi, l'objectif d'une mission scientifique auxiliaire peut être décrit comme la mise au point d'une méthode de gestion des récoltes holistique et scientifique. Le terme « holistique » fait ressortir la nécessité de tenir compte des paramètres biologiques aussi bien que sociaux dans les décisions visant à la solution de problèmes. Le besoin de considérer les facteurs écologiques et sociaux d'une façon plus systématique afin d'en arriver à de meilleures décisions en matière de gestion des récoltes exige donc que l'on donne priorité à la méthodologie. Les critères sur lesquels est fondé le choix d'une méthode qui resserrera les liens entre la recherche, les opérations et la prise de décision, d'une part, et les sciences naturelles et les sciences sociales, d'autre part, sont en général assez clairs.

Premièrement, selon la maxime de Kant qui veut que l'expérience sans la théorie soit aveugle, mais que la théorie sans l'expérience ne soit qu'un jeu intellectuel, la méthode devrait permettre de mettre l'une et l'autre à l'épreuve.

Deuxièmement, à cause du danger de mal interpréter les connaissances scientifiques dans le processus de transfert et dans l'application de ces connaissances, la méthode doit prévoir l'entière participation des scientifiques (tant en sciences naturelles que sociales) en plus de celle des praticiens et des responsables des décisions. Ici encore, l'action commune possède des avantages incontestables.

Troisièmement, l'ordre et la rigueur s'imposent. Une méthode qui a fait ses preuves, telle que la synthèse participative de l'information (le comité), est peut-être moins gênante qu'une méthode selon laquelle une contribution individuelle est étudiée en profondeur et est ensuite vérifiée contre celle des autres. Par contre, dans son opération normale, le comité exige du temps et peut être difficilement considéré comme méthode ultime de transfert et de synthèse d'information, encore moins comme fondement à la formulation et à la vérification d'hypothèses.

Finalement, le but poursuivi devrait servir de guide quant au choix et à l'usage d'une méthode. Le système éco-social est tellement complexe qu'aucune méthode ne peut conduire à des décisions précises; la méthode doit plutôt être considérée comme un exercice intellectuel qui, avec le temps, facilitera la prise de décision et permettra d'identifier les besoins et les priorités dans le domaine de la connaissance.

L'introduction de méthodes de transfert des connaissances conformes à ces critères est d'une importance capitale, si l'on veut que les scientifiques donnent leur plein rendement et que soit maintenu un équilibre approprié entre la recherche à long terme et celle à court terme. L'enfant n'apprend pas à marcher par la seule contemplation dans son berceau, de quelqu'un qui marche. Il faut donc faire un premier pas vers l'adoption de méthodes d'analyse appliquée des systèmes, même si, au début, on risque de trébucher. Il existe bien des possibilités.

4.1.1. *Le projet du golfe Saint-Laurent* — On a consacré un effort considérable à la préparation d'un plan d'étude du golfe Saint-Laurent. Le projet avait d'abord été conçu par les scientifiques dans le but de rassembler diverses connaissances en physique et en biologie, ce qui devrait normalement faciliter la compréhension des causes et des effets. L'idée en intéressa d'autres ayant des objectifs différents; le projet se développa pour inclure l'évaluation des stocks et, subséquemment, les paramètres sociaux (McCracken et Macdonald 1976). C'est peut-être un heureux hasard que le manque de fonds ait empêché de donner suite au projet. De l'avis des physiciens, des biologistes et de quelques sociologues, les objectifs du projet n'étaient pas clairement définis, le projet lui-même était trop vaste et, pour cette raison, il aurait été difficile à administrer. Néanmoins, les scientifiques y virent là une excuse à la poursuite de travaux qui les intéressaient et appuyèrent le projet, bien qu'avec circonspection. Il serait utile de passer le projet en revue en regard de la discussion qui précède ainsi que des initiatives et préoccupations actuelles. Par exemple, l'introduction du principe des prises totales admissibles (PTA) dans la gestion des ressources indique qu'il s'est produit un changement significatif dans l'exploitation de ressources possédées en commun. De plus, McCracken et Macdonald (1976) ainsi que Regier (1976c) ont identifié les problèmes des pêches dans la zone côtière et dans les eaux intérieures, et recommandent des méthodes spéciales de planification, de gestion et d'élaboration des politiques. La gestion de la zone côtière devient également nécessaire; diverses mesures (MAB Canada 1976) ont été prises en vue de résoudre les problèmes de cette zone dans leur totalité, comme ce fut le cas pour la gestion des bassins hydrographiques il y a presque une décennie. De telles mesures sont hautement pertinentes à une étude vraiment complète du golfe Saint-Laurent. Il en est de même de la nécessité de vérifier des méthodes autres que les méthodes conventionnelles de décision et de gestion, et de la nécessité d'adopter de nouvelles façons d'assurer un lien entre la science et « l'action ».

À en juger par les mesures déjà prises, par l'intérêt suscité et par la possibilité de mettre au point et de vérifier une approche holistique, on devrait fortement encourager des efforts renouvelés dans la poursuite de ce projet.

4.1.2 *Le programme de mise en valeur du saumon* — Le programme de mise en valeur du saumon de la côte ouest est un autre exemple d'une méthode scientifique holistique appliquée à la gestion des récoltes. Dans ce cas-ci, le programme a été appuyé par la promesse de ressources importantes. Comme outil de travail, on a utilisé, grâce à l'*Institute of Animal Resource Ecology*, un modèle simulateur. On ne peut toutefois pas encore considérer le programme comme tout à fait au point. Des chercheurs en pêcheries et le personnel d'exploitation rencontrés lors de la préparation de cette étude nous ont fait part de leurs impressions sur ce programme. Il nous faudra en tenir compte si l'on veut que les diverses parties du programme forment un tout unifié. Parmi les opinions recueillies, on note:

— les chercheurs craignent que les connaissances actuelles et les séries de données soient mal interprétées par le personnel d'exploitation;

— les chercheurs doutent de la validité des programmes expérimentaux au point de vue scientifique (hypothèses, plan de l'expérience et observations);

— le personnel d'exploitation se sent suffisamment compétent pour procéder avec un minimum d'intervention de la part des chercheurs;

— le programme de mise en valeur sert d'excuse à plusieurs participants pour poursuivre leurs projets favoris; comme résultat, la coordination en souffre, et le programme consiste en réalité en un grand nombre d'activités séparées, éparpillées à la grandeur de la Colombie-Britannique;

— à cause d'une connaissance insuffisante de la capacité des pâturages océaniques, on craint qu'un succès initial aboutisse à la fin à un échec (comme ce fut le cas de certains programmes américains et japonais d'élevage en mer);

— on ne connaît pas assez les effets à long terme des stocks ajoutés aux stocks naturels pour motiver un programme affectant un si grand nombre de rivières;

— la confrontation est le seul moyen de régler le conflit actuel que soulèvent les ressources; on s'intéresse peu à une stratégie de longue haleine qui permettrait de trouver d'autres solutions au conflit.

Ce sont là les opinions désintéressées de personnes qui œuvrent dans le système. Peut-on vérifier ces opinions par l'analyse appliquée des systèmes? Une telle méthode permettrait-elle de mieux utiliser les ressources scientifiques? Résulterait-elle en de meilleurs accords bilatéraux et multilatéraux? Les réponses à ces questions et à d'autres semblables devraient être affirmatives.

4.1.3 *La gestion des lacs* — C'est peut-être dans le domaine des eaux douces que l'on rencontre les situations les plus faciles et les plus difficiles pour entreprendre une analyse appliquée des systèmes. Les petits lacs se prêtent admirablement bien à une gestion intégrale. En fait, il existe de nombreux exemples de gestion expérimentale de lacs où les contrôles disponibles sont suffisants pour donner aux expériences une valeur scientifique (Loftus 1976). Les programmes actuels de gestion expérimentale pourraient être élargis de façon à accroître la contribution des sciences sociales. Cela permettrait d'étendre le champ d'application de l'analyse des systèmes.

Les Grands lacs, en particulier les lacs Érié et Ontario, posent peut-être le plus de difficulté lorsqu'il s'agit d'appliquer des méthodes holistiques de gestion. À cause des problèmes de juridiction, d'institutions, de pollution, d'utilisation et de demande, et, en général, à cause de la pression qu'exerce la mégalopole sur le système, ces lacs se prêtent mal à des essais de gestion intégrale. Néanmoins, ces lacs posent le plus grand défi: leur complexité même exige que l'on tienne compte, dans la gestion des pêches et de la qualité de l'eau, des nombreux autres usages que l'on fait du système. Ainsi, les pêches et la qualité de l'eau doivent être considérées comme sous-systèmes appartenant aux systèmes plus vastes de la gestion de l'eau et des côtes. La Commission mixte internationale (Anonyme 1973, Can.-U.S. University Seminar 1971-1972, Cornell Univ.) est peut-être le seul organisme qui puisse mettre en branle et coordonner une gestion holistique.

Nous avons fait allusion précédemment à la gestion expérimentale. On reconnaît généralement qu'il faille recourir aux déductions tirées d'expériences contrôlées pour résoudre plusieurs des problèmes que pose la gestion des récoltes. Jusqu'à maintenant, le grand écart qui existait entre les scientifiques et les responsables de la gestion des récoltes a été le principal obstacle à la gestion expérimentale. Nous analysons ce problème dans la présente étude. Comme le souligne Regier (1976c), on doit continuer d'exercer des pressions auprès des dirigeants afin qu'ils désignent des régions particulières propices à une gestion expérimentale. Cette dernière doit être considérée comme un des principaux éléments du système qu'on est en voie d'élaborer. Cet élément, de même que d'autres mentionnés ou sous-entendus dans l'analyse qui précède, sont représentés à la figure 4.

Pour chacun des systèmes entiers représentés, une synthèse systématique des connaissances scientifiques pertinentes (acquises à la suite d'activités diverses) devrait contribuer à la synthèse proposée. Nous soulignons ici le besoin d'une synthèse systématique; les systèmes entiers exigent également l'utilisation de techniques de synthèse systématique comprenant le recours à une équipe et, dans la plupart des cas, à plusieurs disciplines ou spécialistes des domaines indiqués à la figure 4. Les personnes responsables de chaque système entier (de préférence des scientifiques supérieurs) participeraient à toutes les phases d'un processus décisionnel ordonné.

Comme nous l'avons affirmé précédemment, les techniques d'analyse appliquée des systèmes ne sont pas très développées en ce qui a trait aux opérations. C'est pourquoi une équipe de recherche sur la méthodologie devra participer à l'analyse, comme l'indique la figure 4. Cette équipe devrait comprendre, en plus de mathématiciens et d'écologistes, des psychologues ou des experts en dynamique sociale.

4.1.4 *La contribution des sciences sociales* — Dans l'approche holistique proposée, on devrait s'attendre à ce que la contribution des sciences sociales soit fondée sur un ensemble de théorie et d'observation comparable à celle des sciences naturelles. Cela peut toutefois être difficile, pour trois raisons. Premièrement, alors qu'il se fait depuis longtemps des recherches en sciences naturelles dans les ministères intéressés aux ressources, il n'en est pas ainsi des sciences sociales. Deuxièmement, la recherche en sciences naturelles a porté surtout sur les causes des phénomènes observés et sur la vérification et l'application originale des connaissances acquises. D'autre part, la recherche en sciences sociales effectuée par le gouvernement a été avant tout une recherche appliquée visant à une meilleure politique, une meilleure gestion, de meilleurs moyens, etc., dans le cadre structural actuel (Triste 1969; Sewell 1975). Les occasions de

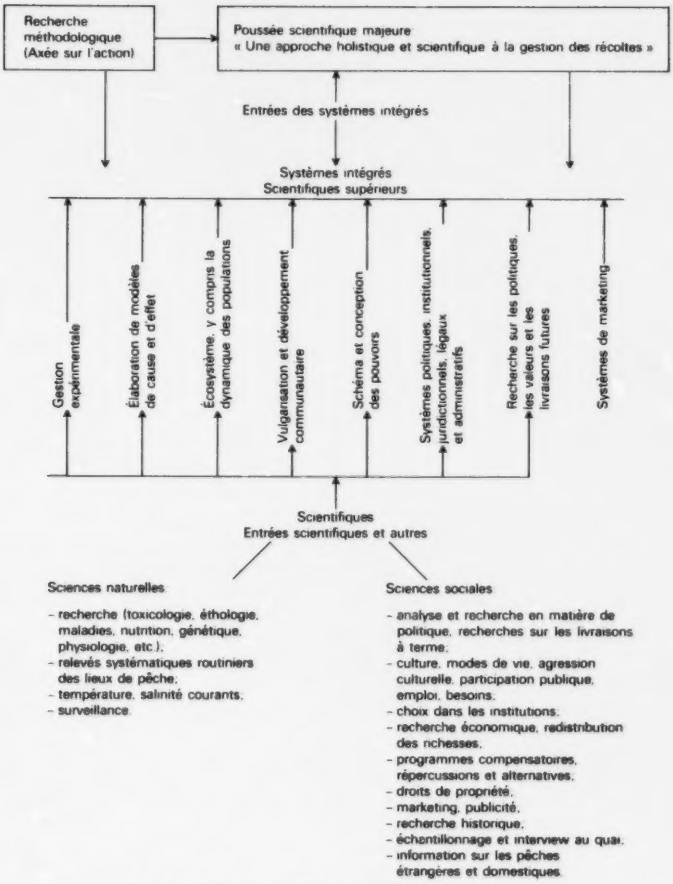


FIG. 4 Science pour la gestion des récoltes.

vérifier les hypothèses et d'innover sont rares et, lorsqu'elles se présentent, on ne peut vérifier ces hypothèses de la même façon ou dans les mêmes limites de temps que celles du spécialiste des sciences naturelles. Troisièmement, les systèmes d'investigation en sciences sociales, qui semblent les plus appropriés, ne sont ni reconnus comme étant scientifiques, ni, bien souvent, compris des spécialistes des sciences naturelles (Boulding 1956; Kuhn 1970; Mitroff et Pondy 1974). Ceci est également vrai de bien des sociologues chez qui on observe une tendance à adopter le système des spécialistes des sciences naturelles (Boulding [illegible]). De toute façon, il est peu probable que la contribution des sciences sociales provienne, à court terme, du Ministère. Il nous faudra plutôt avoir recours à la communauté universitaire, comme nous le proposons au chapitre suivant.

Il nous reste à répondre à la troisième question, à savoir quelles sont les meilleures dispositions institutionnelles qui faciliteront l'application d'une méthode scientifique et holistique à la gestion des récoltes.

4.1.5 *Les institutions et leur rôle dans la gestion* — Regier et McCracken (1975) décrivent une structure organisationnelle en fonction de l'information et du traitement des données nécessaires à la prise de décision. À la figure 5, nous reproduisons cette description telle qu'elle a été modifiée par Ketchen (1976) de façon à la rendre plus conforme aux réalités organisationnelles. Les sciences naturelles sont le point central de l'organigramme, bien que Regier et McCracken insistent sur la nécessité de tirer meilleur profit, dans le processus décisionnel, des connaissances en sciences sociales. On fait état

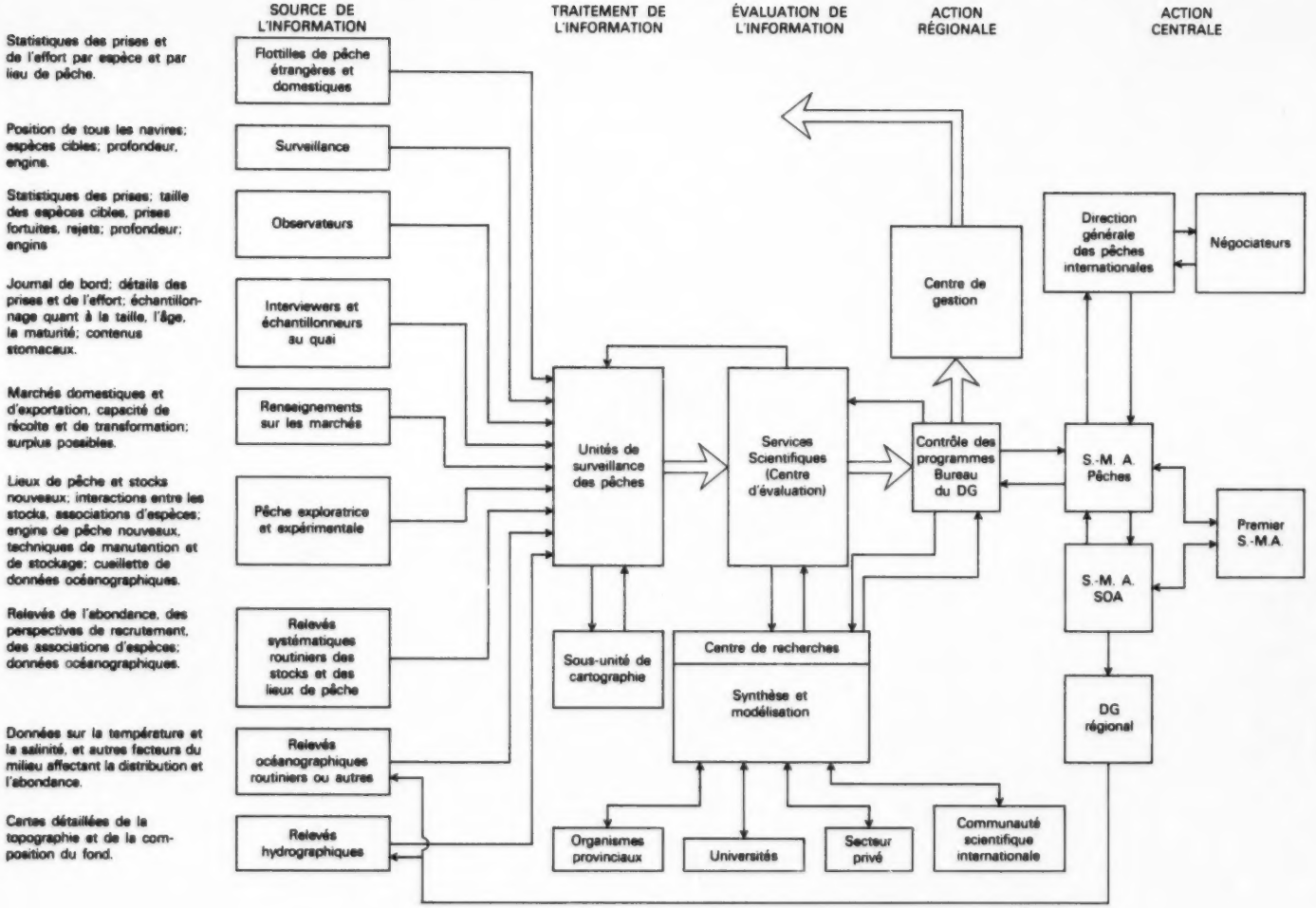


FIG. 5 Cheminement et synthèse de l'information dans le système de gestion des récoltes.

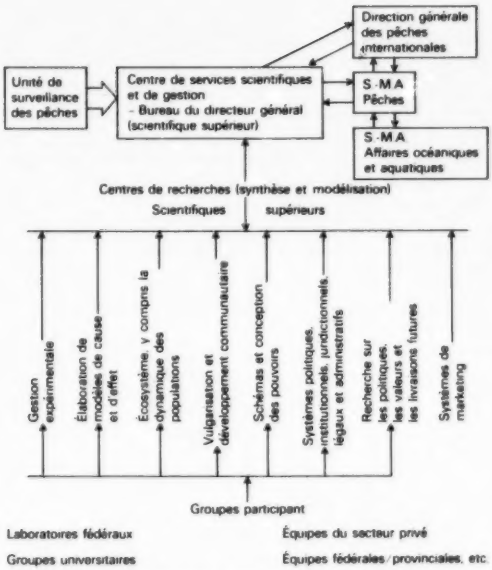


FIG. 6 Modifications apportées à l'organigramme.

du besoin de synthèse et de modélisation en recherche, ce qui est conforme aux entités mentionnées à la figure 4. La figure 4 laisse supposer que les adeptes de l'approche holistique que nous proposons sont les responsables de la synthèse de l'information scientifique (ordinairement au niveau des directeurs[6]), ainsi que leurs homologues des unités de contrôle ou autres programmes de recherche s'y rapportant (fig. 5). Conformément à cette approche, les services scientifiques et les centres de gestion devraient logiquement être fusionnés.

Une autre modification s'impose. Il est important que les négociations internationales se poursuivent en parfaite connaissance des déductions auxquelles l'approche holistique proposée a conduit. Il devrait y avoir un lien plus étroit entre la Direction générale des pêches internationales et les centres de gestion et de services scientifiques. Nous montrons à la figure 6 les changements que suggère la présente analyse.

4.1.6 *La gestion des programmes de recherche* — L'approche que nous proposons affecte également la gestion des programmes scientifiques. Le critère clé sur lequel on devrait fonder le choix des gestionnaires (tant de la recherche que des ressources) devrait être leur compréhension de l'analyse appliquée des systèmes, avec laquelle ils seront identifiés. Caissie et Willmer (1976) mentionnent d'autres critères extraits d'une étude effectuée en 1975 (Politique des pêches commerciales du Canada, Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada). Les scientifiques ont rarement l'occasion de se familiariser avec les techniques d'analyse appliquée des systèmes. Il y a exception dans les quelques cas de spécialistes des sciences halieutiques et aquatiques qui ont été exposés par hasard à des techniques comme celles qu'utilisent l'*Institute of Animal Resource Ecology* (Université de la Colombie-Britannique) et, parfois, l'IIAAS. Plusieurs ont réussi à maîtriser ces techniques, mais ce ne fut que fortuitement ou par leurs propres efforts. En fait, nous ne connaissons aucun programme de formation permettant d'acquérir une compréhension nécessaire à la gestion des ressources, si ce n'est peut-être un stage d'un an auprès de l'un des groupes universitaires relativement peu nombreux, tels l'*Institute of Animal Resource Ecology* et le *Westwater Institute* (Université de la Colombie-Britannique) et l'*Environmental Studies Faculty* à York. On peut acquérir des bribes de connaissances ici et là à plusieurs universités, soit dans les facultés offrant des cours sur l'environnement et la gestion des ressources (e.g. les Universités de Guelph et du Manitoba), soit dans les départements de psychologie, de marketing, de science politique, d'administration des affaires, d'histoire et de philosophie: on peut aussi s'inscrire à des programmes de formation en gestion, tel l'*International Management Development Program* (Genève). Le *Tavistock Institute of Human Relations* du Royaume-Uni a mis au point une méthode particulièrement appropriée, mais il ne s'agit pas d'un programme de formation proprement dit. Si l'on veut profiter davantage de l'information scientifique et des scientifiques eux-mêmes dans le processus décisionnel de partage des ressources, le besoin clé semble être l'analyse appliquée des systèmes. Il faudra également faire disparaître les barrières qui séparent les scientifiques des responsables des opérations et des décisions. On devra donc mettre sur pied des programmes de formation en analyse appliquée des systèmes à l'intention des gestionnaires et des scientifiques supérieurs en poste ou qui aspirent à ces postes. On devra encourager la participation à ces programmes de formation. Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre 5, qui traite de la communauté universitaire.

Nous avons affirmé précédemment que les scientifiques devaient modifier leur façon de concevoir les choses, si l'on veut éliminer cette barrière. Ceci ne se fera probablement pas du

[6] La tâche de la direction étant déjà très lourde, il serait bon que des scientifiques supérieurs y participent.

jour au lendemain. Dans le domaine de la gestion scientifique, une citation de Sir Henry Tizard (Clark 1975) fait ressortir la nature du problème et le besoin de concentrer son attention sur une politique à long terme:

« Les scientifiques sont ordinairement de médiocres administrateurs et rarement des gens du monde. Ils ne devraient donc pas être tenus d'entreprendre des tâches auxquelles leur compétence et leur formation ne les ont pas préparés. C'est du gaspillage que de transformer un scientifique de premier ordre en un administrateur de second ordre. L'administration est l'affaire de ceux qui ont appris à administrer, mais si ces derniers doivent administrer des activités scientifiques, ils doivent posséder une formation scientifique générale. Je suis convaincu que la chose est possible, bien qu'il me faille admettre que c'est une politique à long terme. »

4.2 L'aquiculture

L'aquiculture est pour le moment une activité secondaire de la gestion des récoltes, cette dernière étant plus importante. Pritchard (1976) recommande une approche qui tient compte du système entier pour le développement ordonné de l'aquiculture et insiste sur la nécessité d'une politique et d'une infrastructure. Le schéma qu'il propose, qui est une adaptation d'un projet conçu par Jantsch (1972), est conforme à l'approche proposée plus haut pour la gestion des récoltes et constitue un cadre logique à la gestion de la recherche et de l'information.

La formulation d'une politique et l'établissement d'une infrastructure appropriée sont préalables à une meilleure utilisation des connaissances et des ressources scientifiques se rapportant à l'aquiculture. Certaines initiatives ont déjà été prises vers l'élaboration d'une politique, et Environnement Canada a mis en place un plan quinquennal visant à donner à l'aquiculture commerciale une base technique et économique plus solide. Cette action résulte de l'intérêt croissant que suscite l'aquiculture au Canada. Il est donc peu probable que cette politique soit affectée par les contre-pressions de ceux qui préféreraient voir des ressources limitées consacrées à d'autres fins. Par ailleurs, de telles contre-pressions sont un stimulant à l'établissement d'un système efficace. Le plan que propose Pritchard est conforme à l'approche décrite dans le présent rapport; on reconnaît le besoin d'un lien organisationnel entre la science et l'action directoriale de gestion des ressources. Pour compléter le tableau, on doit également établir un lien avec la méthodologie. Pritchard, à notre avis, n'a pas suffisamment insisté sur cette dernière, bien qu'il ait noté le besoin d'une approche transdisciplinaire. Ce besoin apparaît clairement dans le modèle proposé (fig. 7). Nous soulignons ici que l'organisation et la méthodologie doivent *toutes deux* faire partie d'un système de gestion de la science conforme à la politique, aux nouvelles conceptions des problèmes et aux solutions que la gestion peut y apporter. Une politique en matière d'aquiculture devrait donc être accompagnée d'ajustements institutionnels appropriés (Pritchard 1976) et de l'introduction de l'analyse appliquée des systèmes. Pritchard indique les lacunes qui existent dans le programme de recherche actuel. Elles touchent trois domaines: la politique, la stratégie et les opérations. Presque toute la recherche actuelle se rapportant directement ou indirectement à l'aquiculture se fait au niveau des opérations. Une recherche plus poussée au niveau de la politique et de la stratégie devra, en outre, être accompagnée de la participation du sociologue, tel que le souligne Pritchard.

Les deux blocs de la partie inférieure gauche de la figure 7 correspondent aux figures 4 et 6; le bloc « structures systémiques » correspond à l'approche holistique et scientifique proposée dans ce rapport. Le modèle de Jantsch va plus loin et présente un ensemble de structures et de contacts qui serviraient à éliminer cette « poussée de bas en haut », tout en s'assurant que les vues des scientifiques sont considérées objectivement dans le processus décisionnel en matière de politique.

4.3 Utilisation des ressources

Le sous-système de l'utilisation des ressources comprend les activités depuis la récolte jusqu'à la consommation, ce qui inclut la préservation de la qualité, la transformation, les nouveaux produits et le marketing. La science doit donc servir les intérêts de tous les clients, que ce soit le pêcheur ou l'aquiculteur, le producteur, le grossiste, le détaillant et le consommateur. Les activités des clients étant interdépendantes, on pourrait s'attendre à ce que les activités scientifiques qui s'y rattachent soient traitées comme systèmes interdépendants. En réalité, il est loin d'en être ainsi; les divers efforts de recherche et de développement dans ce sous-système ressemblent à un couvre-lit en patchwork que l'on n'aurait pas fini de coudre (Lewell 1975). On reconnaît qu'il existe dans le monde une déficience croissante en protéines et une nécessité d'utiliser une plus grande diversité d'espèces aquatiques. Cependant, l'industrie hésite à produire et à commercialiser de nouveaux produits. Elle ne semble pas intéressée non plus à adopter

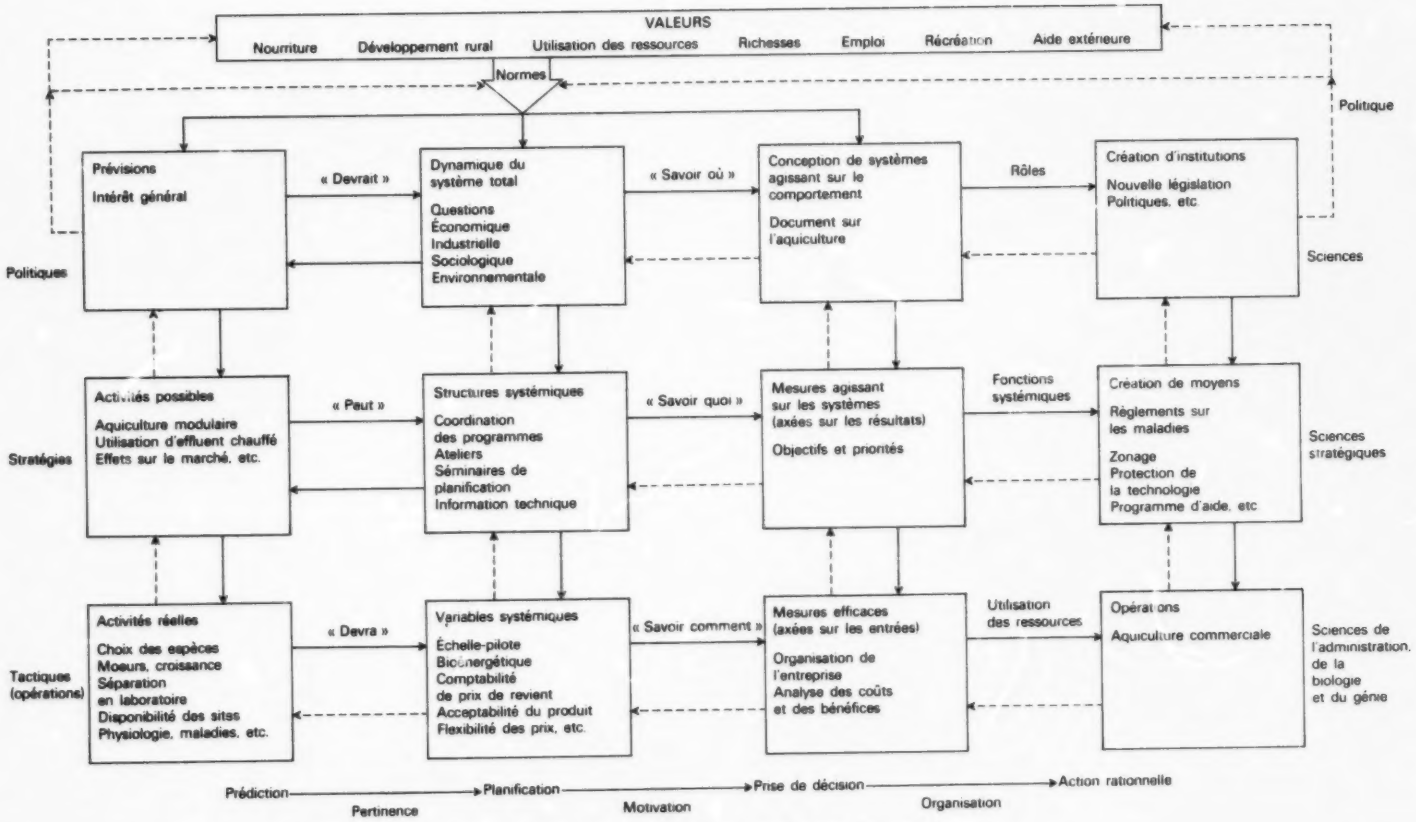


FIG. 7 Organigramme d'une aquiculture structurée.

des mesures adéquates de contrôle de la qualité; il en est de même des pêcheurs. Les efforts en vue d'une recherche plus poussée sur les produits nouveaux et le contrôle de la qualité ont donc une portée limitée.

La recherche et le développement effectués dans le passé par le Service des pêches et de la mer sur le contrôle de la qualité et les produits nouveaux, sur les nouveaux procédés de transformation et sur les techniques de manutention sont un autre exemple de « poussée de bas en haut ». Ce sont les directeurs de laboratoire qui ont encouragé la recherche et le développement, et qui ont trouvé divers moyens d'intéresser les clients et de leur faire accepter les découvertes. Auparavant, on mettait l'accent sur les travaux à long terme; on le met maintenant sur les travaux à court terme, ce qui présente un plus grand intérêt (Caissie et Willmer 1976). Mais les réactions ont généralement été décevantes. Où est donc le problème?

On peut supposer que le ministère des Pêches et de l'Environnement considère l'utilisation des ressources comme partie importante de ses activités. Bien sûr, ce secteur est aussi important en dollars que le secteur primaire des pêches. Néanmoins, on consacre à l'utilisation des ressources un effort beaucoup moindre qu'au secteur primaire [7]. En apparence, la politique du Ministère serait fondée sur l'hypothèse que l'industrie secondaire est en mesure de profiter pleinement de toutes les occasions favorables qui se présentent. Il n'en est pourtant pas ainsi. Ou encore, serait-ce qu'une industrie secondaire dynamique imposerait à l'industrie primaire des demandes que cette dernière ne pourrait satisfaire sans compromettre un équilibre social et écologique? Si tel est le cas, ne devrait-on pas le dire carrément? Pour que la recherche et le développement dans le domaine de l'utilisation des ressources soient jugés pertinents, il faudrait d'abord des prises de position bien définies. L'élaboration d'une politique, commencée en 1974-1975 au Service des pêches et de la mer, devrait être accélérée afin de combler cette lacune.

Supposons, d'après cette politique, que le Ministère soit responsable d'une gamme d'activités allant de la récolte à la consommation du produit, comme nous l'avons noté plus haut. Ce serait lui reconnaître la responsabilité d'orienter vers la consommation humaine une plus grande variété d'espèces et une plus grande proportion des récoltes actuelles [8]; il lui incomberait donc d'inciter l'industrie à prendre des mesures appropriées à cette fin. L'action découlant de cette politique permettrait de mieux définir les besoins et les priorités dans la préparation des programmes de recherche. En l'absence d'une politique formelle, est-il surprenant que les scientifiques canadiens occupés à des travaux de recherche et de développement sur l'utilisation des ressources se demandent ce que le gouvernement attend d'eux dans ce nouveau contexte d'une « science pertinente »? Si la « poussée de bas en haut » est chose du passé, où se trouve alors la direction de « haut en bas »? Si l'on appliquait l'analyse systémique à la solution du problème et si l'on procédait de façon systématique à la mise en place d'une structure souple (comme celle de Jantsch que propose Pritchard pour l'aquiculture), il nous faudrait poursuivre des recherches sur le marketing, sur les institutions à mettre en place et sur les questions sociales qui s'y rattachent. De cette façon, on aura une idée complète des exigences en recherche et en développement. Comme nous l'avons souvent mentionné dans ce rapport, l'analyse appliquée des systèmes permettrait d'intégrer en un tout cette somme de connaissances tout en les rendant pertinentes. En plus d'une politique, il faudrait donc mettre au point des stratégies, instaurer des structures institutionnelles et établir un lien entre la science, le marketing et la gestion.

En réalité, on a fait quelques progrès dans ce sens. En 1974, par exemple, le gouvernement fédéral et l'industrie se réunirent dans le but de définir les priorités (Environnement Canada 1974). Il devrait toujours y avoir interaction de ce genre, dans un système ordonné faisant appel à la participation des scientifiques, du personnel d'exploitation, des responsables des décisions et des groupes de clients.

4.4 Qualité de l'environnement aquatique

Dans le domaine de la qualité de l'environnement aquatique, qui est une question complexe, la situation se présente sous un aspect différent. À cause du grand intérêt qu'a suscité la qualité de l'environnement dans la seconde moitié des années 60, on a accordé une haute priorité à

[7] En 1973, la valeur au débarquement des prises totales de poissons était de $300 millions, la valeur marchande de $650 millions et la valeur ajoutée de $220 millions. En 1974-1975, le Service des pêches et de la mer consacrait $34 millions et 1 700 années-hommes aux programmes du secteur primaire et $14 millions et 700 années-hommes à ceux de l'industrie secondaire (dont $6.9 millions à la réglementation).

[8] Un exemple d'application d'une telle politique sont les récentes mesures encourageant la récolte du hareng de la baie de Fundy pour la consommation humaine plutôt que pour la fabrication de farine de poisson.

la recherche dans ce domaine. Puisqu'il était facile de démontrer l'à-propos d'une recherche sur la qualité de l'environnement, plusieurs organismes se sont mis de la partie. Depuis, on s'efforce en vain de consolider ces efforts dispersés; à vrai dire, l'élan des années 60 prend de l'ampleur dans les organismes déjà engagés, et on constate que de nouveaux organismes viennent s'y ajouter (Hamilton 1976; Harvey 1976). Les connaissances scientifiques ainsi acquises servirent à établir les objectifs de la qualité de l'environnement qui, à leur tour, entraînèrent un effort scientifique accru. Cet effort général fut évident au Service des pêches et de la mer. Nul doute que plusieurs programmes de recherche en cours se poursuivirent sous une nouvelle étiquette reflétant une nouvelle priorité (Caissie et Willmer 1976). Ce phénomène, qui se répète aujourd'hui avec la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie, est un autre exemple de la « poussée de bas en haut ». Les scientifiques sont apparus comme force dominante; eux seuls purent démontrer qu'il savaient de quoi il s'agissait et qu'ils avaient la compétence voulue pour attaquer les problèmes. On ne s'est toutefois pas encore préoccupé de déterminer la direction générale à prendre et pourquoi. Pour trouver réponse à ces deux questions, il faut faire appel à nos connaissances générales et à nos techniques tant en sciences humaines et sociales, qu'en sciences naturelles. La situation actuelle en est donc une dans laquelle il y a dédoublement de l'effort scientifique (Harvey 1976). Mais le vrai problème provient de la conception différente du problème qu'ont les divers organismes et des réponses différentes qu'ils apportent aux deux questions ci-dessus mentionnées, à savoir quelle direction prendre et pourquoi. À titre d'exemple, la façon dont le personnel du Service des pêches et de la mer entendent le « où » et le « pourquoi » repose sur un concept qui peut être décrit brièvement comme suit: « Les critères de la qualité de l'eau doivent tenir compte du système aquatique entier, les êtres vivants qui l'habitent étant interdépendants; l'indice de qualité de l'eau est donc la santé du système biologique que l'on peut juger d'après la santé d'une espèce en particulier. » D'autres groupes, dans le même ministère, mettent l'accent sur le contrôle chimique (l'accumulation de données à grands frais) dans l'espoir qu'on pourra en déduire les effets possibles. À notre avis, cette approche empirique est entachée de partialité (voir « Systèmes de recherche »). Elle tend à accorder trop d'importance au dosage de concentrations extrêmement faibles de contaminants, au détriment d'une recherche sur les effets de ces substances. Une diversité dans la façon de concevoir les problèmes et dans les méthodes utilisées entraîne nécessairement le recours à des stratégies et à des moyens de contrôle différents. En conséquence, les différents groupes de scientifiques effectuent leurs recherches dans des cadres tout à fait différents, même s'ils ont comme objectif commun l'amélioration de la qualité de l'eau.

Afin d'utiliser à leur maximum les ressources scientifiques dans le domaine de la qualité de l'eau, il faudra toujours attacher beaucoup d'importance aux buts poursuivis. Pour que des groupes ayant des vues et des intérêts différents puissent s'accorder sur une stratégie, il faudra recourir à une politique sur la recherche qui soit systématique et impartiale. Ceci démontre une fois de plus le besoin d'un lien organisationnel et méthodologique formel entre la science et l'action directoriale de gestion. Une politique générale, à l'échelle nationale, est essentielle à la bonne utilisation des ressources scientifiques.

4.5 Autres sous-systèmes

Il existe d'autres domaines où les institutions actuelles sont une entrave au développement d'une science pertinente. Ce sont, entre autres, la gestion de la zone côtière et des estuaires, et la récréation. Ces domaines intéressent, en plus du Service des pêches et de la mer, plusieurs organismes fédéraux et provinciaux (Mann 1976a,b; Parsons 1975). Ce genre de problème est souvent l'objet d'une planification et d'une action interdépartementales et intergouvernementales. Par contre, les activités scientifiques qui s'y rattachent se limitent, pour la plupart, à la cueillette de données et à l'utilisation de connaissances existantes. Il y a naturellement des effets secondaires; on demandera inévitablement « pourquoi » et « comment », ce qui conduira à plus de recherche pure, trop souvent improvisée et axée sur une seule discipline.

En océanographie, on surmonte cette difficulté grâce à un mécanisme assez efficace. Les prévisions climatiques, l'exploitation des ressources océaniques non renouvelables, les transports et la défense dépendent beaucoup de la recherche océanographique effectuée par le Service des pêches et de la mer. Le Comité canadien d'océanographie est l'agent de liaison entre les organismes et la communauté scientifique. Il a également voix au chapitre quand il s'agit de définir les priorités dans l'élaboration des politiques et des programmes de recherche. En outre, la récente formulation, par le fédéral, d'une politique sur les océans devrait favoriser le développement ordonnée d'une science océanographique et l'établissement de liens formels

entre la science et les organismes responsables des décisions en matière de gestion et de politiques.

Il faudra trouver des mécanismes appropriés pour coordonner l'activité scientifique et l'intérêt croissant accordés à la gestion des eaux côtières et estuariennes ainsi qu'aux activités récréatives reliées à l'eau. Pour être fructueuse, la recherche dans ces domaines devra couvrir le plus d'aspects possibles à cause de la nature particulière des sujets. On a déjà fait un pas dans ce sens. C'est le cas, par exemple, du programme de l'homme et de la biosphère, et d'une initiative de la Direction générale des eaux intérieures pour aider la recherche interdisciplinaire sur les ressources en eau dans plusieurs universités. Il n'existe cependant pas de mécanismes pour encourager ce genre d'activités scientifiques intégrales au sein du gouvernement, dans le secteur privé ou dans les universités. Comme nous le démontrons au chapitre 6, de tels mécanismes sont nécessaires.

4.6 Résumé

On devra introduire au Service des pêches et de la mer des méthodes de transfert ordonné des connaissances scientifiques dans le domaine des opérations, des politiques et de la gestion. L'entière participation des scientifiques, du personnel d'exploitation, des responsables des décisions et des conseillers en politiques à ce transfert, contribuerait beaucoup à rassurer les scientifiques qui craignent que les changements institutionnels en cours affaiblissent la science en attachant trop d'importance à la recherche à court terme. Les sciences naturelles seront pertinentes dans la mesure où l'action directoriale de gestion sera elle-même pertinente. Il faut aussi un transfert plus efficace des connaissances en sciences humaines et sociales dans le système. Nous avons mentionné des cas où une technique de transfert ordonné des connaissances (généralement désignée sous le nom d'analyse appliquée des systèmes) contribuerait à renforcer les liens entre la science d'une part, et la politique et la gestion d'autre part; elle permettrait également à ces dernières de mieux utiliser les ressources scientifiques disponibles.

Dans la synthèse des connaissances sur lesquelles sont fondées les politiques et la gestion, les structures organisationnelles et les mandats imposent des contraintes à l'innovation. On n'a pas encore trouvé de mécanisme formel pour tirer profit de la science. La structure elle-même des ministères et la nécessité de s'occuper des problèmes courants empêchent d'accorder à une recherche originale sur la politique et les institutions toute l'attention qu'elle mérite. S'il est vrai que nous devons apprendre à mieux utiliser les connaissances scientifiques dans la solution des problèmes actuels et que nous devons aussi reconnaître les contraintes imposées à cette forme d'innovation au gouvernement, il faut conclure que l'innovation devra provenir de corps non gouvernementaux. À cause de l'importance présentement accordée à l'impartition de contrats de recherche et de développement, le secteur privé peut jouer un rôle de plus en plus important. Comme ce rôle pourrait être l'objet d'une étude séparée, nous ne le traiterons pas dans le présent rapport. Au prochain chapitre, nous nous pencherons sur la contribution de la communauté universitaire, qui occupe une place importante dans le système.

5. La communauté universitaire

5.1 Un rôle nouveau

Personne ne doute de l'influence de la communauté universitaire sur ce que sera l'avenir. En cette période de transition sociale et économique que nous connaissons actuellement au Canada (période caractérisée par de grandes divergences de vues), on retrouve des aspirations opposées: certains voudraient retourner à la prospérité et aux paradigmes des années 50 et du début des années 60, tandis que d'autres recherchent une société nouvelle, conservatrice; certains veulent retenir les anciennes méthodes et les anciennes institutions; alors que d'autres recherchent de nouvelles méthodes et de nouvelles institutions, et ainsi de suite. Il se produira certainement d'importants changements. En des temps comme ceux-ci, on peut s'attendre à ce que le rôle traditionnel de la communauté universitaire, soit celui de l'éducation et de la recherche de connaissances et de méthodes nouvelles, soit modifié. On mettra davantage l'accent sur l'exploration de nouveaux contextes [9] et sur leurs effets. Connaissant le fonctionnement et l'interdépendance des nombreux facteurs en cause (humains, sociaux, écologiques, technologiques), il est évident qu'on ne peut explorer l'ensemble en étudiant séparément les parties. On le reconnaît dans la planification et on s'efforce de plus en plus d'aborder les questions sociales et la gestion dans leur ensemble. On s'accorde généralement à dire que les efforts actuels en vue d'une planification et d'une gestion intégrales ne sont qu'un premier pas. De plus, l'essai et

[9] Par « contexte » on entend ici notre façon de percevoir les choses comme société, façon qui se reflète dans nos institutions et nos méthodes de planification et de gestion.

l'application de nouvelles techniques, comme nous l'avons mentionné précédemment, sont sujettes à des contraintes qui ne disparaîtront qu'avec le temps et une génération qui a des idées nouvelles. C'est le rôle de l'université de former une telle génération.

5.2 Changement des priorités

On croit, à certains signes, que les gouvernements reconnaissent la nécessité, pour les universités, d'accorder plus d'importance à l'exploration de nouveaux contextes et à leurs effets, tel que nous l'avons mentionné ci-dessus. On a également des indications que la communauté universitaire est disposée à le faire. Comme nous l'avons déjà souligné, le gouvernement fédéral a annoncé son intention d'accroître l'aide à la recherche en sciences sociales et d'encourager la recherche interdisciplinaire et la recherche forfaitaire. Au cours de la dernière décennie, des organismes fédéraux et provinciaux ont appuyé plusieurs programmes de recherche interdisciplinaire, y compris l'appui important (bien que parfois hésitant) que le gouvernement fédéral a accordé au programme de l'homme et de la biosphère. Plusieurs programmes expérimentaux, mis sur pied par les universités, ont reçu l'approbation des gouvernements provinciaux. C'est le cas de la *Faculty of Environmental Studies* de York et de Waterloo, la *Faculty of Environment Design* de Calgary et le *Centre for Resources Development* de Guelph.

5.3 La réaction du gouvernement fédéral

Jusqu'à maintenant, l'aide fédérale accordée à ce genre de recherche et, par voie de conséquence, à la formation, ont été improvisées. Il n'existe pas au fédéral de politique et de mécanisme d'aide. Les initiatives du ministère des Pêches et de l'Environnement visant à élargir les programmes d'aide aux universités ont échoué. Sauf quelques exceptions, comme par exemple l'aide accordée au *Westwater Research Centre* (Université de la Colombie-Britannique) par la Direction générale des eaux intérieures, l'aide aux universités garde un caractère unidisciplinaire ou, dans de rares cas, pluridisciplinaire.

5.4 La recherche unidisciplinaire

De crainte d'être accusé d'ignorer le besoin toujours présent d'une recherche unidisciplinaire, il nous faut faire ici quelques observations qui ont également trait au contexte. Dans une étude approfondie sur le développement intellectuel et moral durant les années d'université, Perry (1968) fait ressortir l'étroite relation qui existe entre celui qui connaît et ce qui est connu. À part ceux qui s'engagent dans une révolte qui a des effets positifs, les étudiants peuvent imiter des formes de connaissances empruntées à d'autres, mais être intellectuellement et socialement stériles. Des diplômés en biologie (en chimie ou en économique) de différents départements de biologie (de chimie ou d'économique) qui ont reçu la même cote d'« excellence » peuvent avoir des réactions intellectuelles très différentes en face du monde réel. En période d'évolution rapide, un système d'éducation condamné à une justification du passé ou du présent pourra difficilement développer chez l'étudiant la faculté de juger une situation en fonction de paradigmes futurs, encore moins d'être un chef de file.

On reconnaît de plus en plus que l'étudiant devra mieux comprendre le milieu social, écologique et physique dans lequel il travaillera. On a observé une tendance récente, dans les départements se consacrant à une discipline unique, à exposer les étudiants au « langage des autres disciplines » dans d'autres départements et à l'aide de projets et de colloques « interdisciplinaires ». Cette tendance est fondée sur la logique suivante: a) plusieurs problèmes d'actualité peuvent se rattacher à des activités de diplômés qui n'ont pas saisi le sens général de leurs travaux scientifiques ou professionnels; b) il faut, devant un avenir incertain, préparer les étudiants de façon à ce qu'ils puissent s'adapter à des circonstances changeantes, dans la vie comme sur le marché du travail; c) il existe dans la science une unité qui a été obscurcie par un jargon unidisciplinaire.

5.5 Les besoins éducationnels d'une gestion scientifique des ressources

L'analyse qui précède a porté sur certains indices de changement du rôle des universités, sur l'attitude à prendre vis-à-vis de la formation et sur la conception d'une science qui répond aux besoins de la gestion des ressources. Il est bon de s'arrêter ici et d'examiner le problème en fonction de ces besoins. Dans notre analyse des systèmes de sciences halieutiques et aquatiques, nous avons démontré l'existence d'une barrière entre les scientifiques et les responsables des opérations et de l'action directionnelle de gestion des ressources. Pour faire disparaître cette barrière, nous avons suggéré une méthode qui, pour réussir, exigera de la part de tous les groupes concernés une conception différente des problèmes. En mettant l'accent sur le contexte et la méthodologie, l'éducation reconnaît ce besoin. De plus, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, ceci est approprié à la formation

de gestionnaires compétents, tant de la science que des ressources. Ce serait évidemment faire preuve de naïveté que de croire que tous les étudiants pourront acquérir une connaissance pertinente du contexte et de la méthodologie, ou que tous pourront aspirer à devenir gestionnaires. Nous voulons simplement dire que les programmes d'éducation postsecondaire devraient leur en fournir l'occasion. De plus, il n'y a probablement pas lieu de se demander si une telle « largeur de vues » doit être acquise au niveau du baccalauréat ou plus tard. Connaissant la diversité du monde étudiant, il en est qui posséderont déjà cette « largeur de vues » en entrant à l'université, alors que d'autres, à l'autre extrémité de la gamme, conserveront toute leur vie une « étroitesse de vues », quelle que soit les situations auxquelles ils auront été exposés (Perry 1968). Ces derniers seront peut-être éliminés, ou encore devraient-ils se voir refuser l'accès à l'université par des conditions d'admission plus rigides. À la récente conférence de l'Association des universités et collèges du Canada (Association of Universities and Colleges of Canada 1976), on a beaucoup discuté sur la nécessité d'attacher plus d'importance à l'admission dans les universités qu'à la productivité ou à la demande.

Un programme d'études supérieures en gestion et en politique des ressources serait, semble-t-il, une première façon de répondre aux besoins décrits plus haut. La recherche devrait porter surtout sur des concepts généraux (propriété, accès, aspects sociaux et moraux, limites des ressources), sur la méthodologie (science, planification, solution des conflits, impact) et sur les problèmes interdisciplinaires (choix offert à l'action directoriale de gestion des ressources). Ceci devrait cependant se faire de façon à encourager la participation de tous ceux qui sont intéressés à une recherche hautement spécialisée, que ce soit en pêches, en océanographie, en forestrie ou en une discipline particulière. On devrait recourir aux services de professeurs du plus grand nombre possible de facultés et de départements, plutôt que de bâtir un grand corps professoral permanent. On devrait encourager les scientifiques, les planificateurs et les gestionnaires gouvernementaux à y participer. Les conditions d'admission devraient être telles qu'aucun étudiant ne serait exclu à cause de sa spécialisation au niveau du baccalauréat. Le programme doit inspirer confiance à l'université, au gouvernement et au public. La recherche devra donc porter sur des problèmes réels et, afin de mieux répondre aux besoins de la communauté, maintenir des rapports constants entre le chercheur et le client. La recherche devra sans cesse remettre en question le *statu quo* et trouver des solutions de rechange à tous les niveaux, tant politique, que stratégique et tactique.

Un programme d'études supérieures comme celui-ci devrait avoir une influence marquée sur la planification des cours au niveau sous-gradué, incitant les professeurs et les étudiants à prendre part à une grande variété d'activités. En fait, l'influence du programme d'études supérieures sur les bacheliers serait une mesure de son succès. En s'assurant la participation de la communauté (les clients), on obtiendra l'appui extérieur requis pour le succès du programme et de meilleures chances d'absorber les diplômés sur le marché du travail.

Plusieurs universités se sont déjà engagées dans cette voie [10]. Aucune cependant ne possède de programmes répondant à tous ces critères. Il y a à cela deux causes principales: d'abord les problèmes internes bien connus découlant de l'instinct tribal; ensuite le manque de départements possédant l'éventail nécessaire de cours spécialisés à l'intention des bacheliers ou des diplômés dans les universités ou les départements qui désireraient établir de tels programmes. Cependant, une politique et des mécanismes d'aide émanant du gouvernement ou même du Ministère contribueraient pour beaucoup à surmonter ces difficultés.

5.6 Systèmes d'investigation

Pendant la période de progrès technologiques qui a suivi la Seconde Guerre mondiale, la science a dû satisfaire les besoins d'une société matérialiste. Une approche empirique spécialisée selon laquelle « seules étaient considérées comme 'scientifiques' la collecte de données et l'expérimentation convenait bien à cette époque » (Boulding 1956). Les biologistes et les sociologues adoptèrent cette signification physique du terme « scientifique », que plusieurs ont conservée jusqu'à maintenant. C'est ainsi que des programmes d'études universitaires en biologie mettent encore l'accent sur la méthodologie statistique se rapportant à l'échantillonnage, à l'estimation et à la simulation (Regier 1976b). Par ailleurs, les philosophes (Boulding 1956; Jantsch 1972; Kuhn 1970) et les philosophes des « sciences naturelles » (Gibbons et Voyer 1974; Pritchard 1976; Regier 1976b), de même qu'un nombre croissant de sociologues (Abrams

[10] Comme exemple, on est à tracer les plans d'un programme d'études supérieures en gestion des ressources à l'Université de la Colombie-Britannique. S'il est réalisé, le programme possédera à peu près tous les critères mentionnés. Des plans identiques sont à l'étude à l'Université de Toronto.

1965; Chevalier 1969; Foster 1969), préconisent l'adoption de vues plus larges sur une investigation légitime ou scientifique, mieux capable de s'attaquer à la multitude de problèmes ayant trait à la société, à l'environnement et aux ressources, et auxquels les sociétés modernes doivent faire face.

Nous avons noté plus haut que les universités canadiennes fournissaient peu d'occasions d'acquérir de bonnes connaissances de base sur les méthodes d'analyse appliquée des systèmes, en particulier dans le domaine de la gestion des ressources et de l'environnement. On constate quelques signes de changement. À un accent sur l'empirisme et, plus récemment, sur les méthodes d'analyse appliquée des systèmes, s'ajoute un intérêt croissant pour l'investigation en général (Gibbons et Voyer 1974; Mitroff et Pondy 1974; Odegard 1971; Regier 1976b). Cet intérêt se manifeste par les cours offerts, sous divers titres (philosophie de la science, histoire de la science), dans des départements à vocation non scientifique. Des cours de ce genre semblent indispensables à l'acquisition, par les étudiants, d'une bonne compréhension de l'analyse appliquée des systèmes au sens où nous l'entendons dans cette étude.

5.7 Résumé

Nous avons démontré le besoin de modifier la formation, et la recherche qui s'y rattache, afin de satisfaire aux exigences de la gestion des ressources. Les barrières entre les scientifiques et les responsables des opérations, de la gestion des ressources et des décisions politiques sont le résultat d'une adhésion naturelle à de vieux paradigmes dans un monde changeant. L'université, en vertu de son rôle innovateur traditionnel en éducation et en recherche, se doit de chercher des méthodes plus efficaces de gestion de nos ressources. On devra développer chez les étudiants une meilleure compréhension du contexte dans lequel ils travailleront et mettre l'accent sur des systèmes d'investigation qui leur permettront d'attaquer les problèmes de gestion des ressources. À notre avis, c'est là le principal besoin éducationnel des chercheurs en sciences naturelles et sociales, et des gestionnaires en puissance. Pour atteindre cet objectif, il faudra mettre sur pied, au niveau des études supérieures, un programme de gestion des ressources englobant plusieurs disciplines (qui intéresseront autant les professeurs que les étudiants), et axé sur le contexte aussi bien que sur l'investigation scientifique exacte. Nous examinons quelques-unes des contraintes auxquelles est soumis l'établissement de programmes de ce genre et concluons en affirmant que des initiatives appropriées de la part du gouvernement fédéral contribueraient pour beaucoup à encourager plusieurs universités déjà engagées dans cette voie. Au chapitre suivant, nous traiterons brièvement de quelques-unes de ces initiatives.

Bien que cette étude porte surtout sur la formation universitaire, il est bon de noter que les systèmes d'éducation aux niveaux primaire, secondaire et postsecondaire (autre qu'universitaire), tout comme l'information publique et les programmes de vulgarisation, sont également victimes de cette tendance vers l'adoption de méthodes réductionistes. Ils devront évoluer afin de mieux répondre aux besoins futurs. Ceci pourrait faire l'objet d'une autre étude.

6. Vers un programme « pertinent » d'aide aux universités

6.1 Situation actuelle

Dès sa formation en 1971, le ministère de l'Environnement s'est occupé à élaborer une politique d'aide à la recherche universitaire (Cartwright et Chevalier 1972). La politique subventionnaire qui en a résulté fut adoptée par le Ministère en 1973. Elle tient compte de la politique scientifique: accent sur la « pertinence », aspect interdisciplinaire, sciences sociales. Le rôle des universités, dans l'esprit de la politique ministérielle, était axé sur la recherche de nouveaux concepts. On reconnaissait de plus la nécessité d'éviter l'étroitesse de vues dans les différents ministères en encourageant l'établissement de liens entre eux. En vue d'un meilleur contrôle de la recherche subventionnée, on a remplacé le système traditionnel de subventions par des « accords de recherche ». Cette politique entraînait nécessairement des avantages réciproques pour le Ministère et l'université. La politique couvrait également le partage des installations et des bourses.

Le programme n'a pas été entièrement couronné de succès. Ceci est dû, entre autres, à la lenteur du gouvernement fédéral à élaborer une politique d'aide aux universités; à la divergence d'opinions au sein du Ministère quant au rôle de l'université et aux rapports qui en résultent entre ces deux organismes; au manque d'intérêt ou de compréhension à l'endroit de la recherche en sciences sociales ou de la recherche interdisciplinaire; à la tendance qu'on a de considérer la « pertinence » de la recherche en fonction de problèmes qui exigent une solution immédiate et, en général, à la faible priorité donnée à l'aide universitaire, résultat des con-

traintes budgétaires des quelques dernières années. Les budgets affectés aux divers programmes des Services n'ont pas été révisés de façon à refléter les nouvelles priorités pour la recherche (e.g. subventions de la Direction des ressources en eaux, $1 million; Faune, $25 000; Service des pêches et de la mer, $360 000). De plus, la proportion du budget total affectée aux subventions est très faible: $2 millions sur un budget total de recherche de $192 millions en 1975-1976.

En 1973-1974, le programme de subventions de l'Office des recherches sur les pêcheries fut transféré au Service des pêches et de la mer, et englobé dans la politique de ce dernier. Depuis, le programme a quelque peu dévié. C'est ainsi, par exemple, que l'étude des projets se fait maintenant à l'intérieur du Service et que le programme a été élargi, en théorie du moins, pour couvrir une gamme plus étendue de sujets, y compris la recherche socio-économique. Les subventions en blocs accordées à un petit nombre d'universités pour encourager une recherche de haut calibre ont été éliminées (Hayes 1968). En pouvoir d'achat, le budget a passé de $360 000 à l'équivalent de $170 000. Comme résultat, le programme a été sérieusement réduit, et il a été impossible d'aider la recherche dans de nouveaux domaines ou la recherche interdisciplinaire.

En océanographie, le Conseil national de recherches (CNRC) a accordé à plusieurs groupes universitaires des subsides au développement (tableau 1), guidé en cela par le Comité canadien d'océanographie (CCO). Le ministère des Pêches et de l'Environnement met ses navires à la disposition des chercheurs universitaires. En 1975-1976, cela représentait une aide de l'ordre de $1.2 million (CCO 1976).

Il ressort des compilations de Caissie et Willmer (1976) que les subventions accordées par le gouvernement fédéral (Conseil national de recherches, Service des pêches et de la mer et Direction générale des eaux intérieures) dans les domaines couverts par la présente étude représentent un total d'environ $5.2 millions. De ce montant, moins de $200 000, provenant presque entièrement de la Direction générale des eaux intérieures, sont affectés aux sciences sociales ou à la recherche interdisciplinaire. Un total de 42 universités reçoivent une aide du gouvernement fédéral; cependant, la plus grande proportion va à sept universités, qui reçoivent plus de $150 000. Ce sont les Universités de la Colombie-Britannique, de Victoria, de Guelph et de Toronto, ainsi que les Universités McGill, Dalhousie et Memorial. L'Université de l'Alberta, l'Université Laval et l'Université du Québec (cinq campus) reçurent entre $100 000 et $150 000 (Conseil national de recherches et ministère des Pêches et de l'Environnement). Comme l'indique le tableau 1, les laboratoires de recherches Huntsman et Bamfield, que se partagent un certain nombre d'universités, reçoivent également une aide du Conseil national de recherches.

TABLEAU 1. Subventions accordées par le CNR dans le domaine des sciences aquatiques ($000).

	Jusqu'à 1968	68–69	69–70	70–71	71–72	72–73	73–74	74–75	75–76	76–77
Université Memorial Génie océanique	—	—	—	—	80.0	130.0	149.0	98.0	53.0	—
Université Memorial Laboratoire de recherche en sciences marines	787.3	100.0	65.0	—	60.0	53.3	120.8	53.3	78.0	80.0
Université Dalhousie	—	—	—	—	—	—	214.0	290.0	211.3	136.6
Université Dalhousie Institut océanographique	930.0	110.0	89.0	84.0	70.0	62.2	62.2	62.2	59.0	60.5
Université Dalhousie Aquatron	—	—	375.0	375.0	250.0	—	—	—	—	—
Laboratoire marin Huntsman	—	—	—	—	75.0	70.0	60.0	45.0	51.2	52.5
GIROQ	—	—	—	—	—	300.0	210.0	250.0	—	—
Université d'Ottawa	—	—	—	—	—	50.0	101.0	99.0	86.3	80.5
Université de Toronto Institut des Grands lacs	550.5	75.0	85.0	85.0	85.0	75.5	75.5	—	—	—
Université de Colombie-Britannique	—	—	—	—	—	—	130.0	102.5	105.8	170.0
Université de Colombie-Britannique Institut océanographique	930.0	75.0	80.0	60.0	55.0	50.0	50.0	50.0	68.7	70.5
Station marine Bamfield	—	—	—	—	—	—	77.0	42.5	64.0	31.2
Total	3197.8	360.0	694.0	604.0	675.0	791.0	1249.5	1092.5	777.3	701.8

La recherche universitaire reçoit également une aide sous forme de contrats, dont quelques-uns de la recherche en sciences sociales. En outre le Conseil des arts du Canada et certains ministères fédéraux (Développement économique régional, Main-d'œuvre, Secrétariat d'État, Santé nationale et Bien-être social) accordent une aide directe (ou sous forme de contrat) à la recherche en sciences sociales applicable aux domaines scientifiques décrits plus haut. Les données disponibles ne nous permettent pas d'estimer les montants provenant de ces sources.

6.2 Éléments d'une politique universitaire « pertinente »

Il ressort de ce qui précède que l'aide fédérale à la recherche universitaire ne répond pas aux besoins d'une science « pertinente ». Premièrement, alors que 72 % de l'aide totale accordée aux sciences naturelles, par le Conseil national de recherches, sont concentrés dans sept universités, seulement 58 et 50 % de l'aide totale accordée par le ministère des Pêches et de l'Environnement et le Service des pêches et de la mer, respectivement, vont à ces mêmes universités. En période de difficultés économiques et en fonction du développement d'une science « pertinente », il semblerait désirable qu'une plus forte proportion des subventions soit accordée aux universités qui ont déjà acquis une compétence et qui reçoivent une aide du Conseil national de recherches ou d'un autre organisme fédéral.

Deuxièmement, à en juger par le programme de subventions du ministère des Pêches et de l'Environnement, il semble y avoir peu de recherche de faite en sciences sociales, une lacune également apparente au Service des pêches et de la mer.

Finalement, il s'ensuit que le programme de subventions favorise surtout une recherche unidisciplinaire, ce qui n'est pas de nature à encourager une formation générale, comme nous l'avons mentionné au chapitre 5.

Par ailleurs, il y a de 7 à 10 universités qui reçoivent une aide fédérale substantielle en sciences naturelles. Ces universités sont situées, pour la plupart, aux mêmes endroits que les établissements régionaux du Service des pêches et de la mer.

Ce nombre n'inclut pas l'Université du Manitoba. Elle devrait cependant être considérée comme un élément dominant, et ce, pour plusieurs raisons. Premièrement, l'Institut des eaux douces est situé sur le campus. Deuxièmement, l'Université se place au 11e rang pour ce qui est de l'aide accordée par le Conseil national de recherches et le gouvernement fédéral à la recherche en sciences marines et aquatiques. Troisièmement, on a introduit des méthodes interdisciplinaires à l'*Agassiz Centre* et au *Centre for Settlement Studies*. Finalement, le *Resource Management Institute* offre des occasions d'appliquer à la recherche des méthodes holistiques.

6.3 Recommandations

La figure 8 résume en un schéma les recommandations qui découlent de la présente étude. À l'heure actuelle, l'aide aux universités, sous forme de subventions accordées par le Service des pêches et de la mer, se situe en grande partie au niveau tactique [liens (a) et (b)]. Très peu de projets au niveau stratégique et aucun au niveau politique ont reçu une aide. Ceci ne veut pas dire que les chercheurs universitaires ne se sont pas intéressés à la recherche en sciences halieutiques et aquatiques aux niveaux stratégique et politique. Une recherche à ces niveaux a reçu une aide du Service sous forme de contrats. Quelques autres organismes, tels que le Conseil des arts du Canada, le ministère de l'Expansion économique régionale et le Secrétariat d'État ont quelque peu aidé la recherche au niveau politique. Ce type d'aide constitue le lien entre les universitaires et les fonctionnaires aux divers niveaux, comme l'indique la figure 8. C'est au gouvernement que revient la responsabilité de la synthèse et de l'évaluation des connaissances en vue d'élaborer de nouvelles stratégies ou de nouvelles politiques. Cependant, comme nous l'avons mentionné plus haut, la structure et la nature mêmes des gouvernements imposent des contraintes à l'utilisation des connaissances dans l'élaboration de stratégies et de politiques innovatrices.

Plusieurs contraintes disparaîtraient, et l'innovation serait facilitée si l'on transférait la responsabilité de la synthèse des connaissances à des groupes universitaires, par le biais d'une aide à des projets de recherche interdisciplinaire. L'approche interdisciplinaire permet aux chercheurs et aux étudiants d'être exposés aux connaissances et aux méthodes des autres disciplines, au processus de synthèse lui-même et à des contextes plus généraux, comme nous l'avons mentionné à la section 5.5. La synergie qui résulte de ce processus favorise l'innovation à tous les niveaux. De plus, la recherche peut être évaluée en fonction de sa pertinence aussi bien que par l'opinion des pairs. Cette approche à la recherche, au transfert et à la synthèse des connaissances s'accorde avec celle décrite au chapitre 4, sauf qu'ici, toutes les activités se rattachent à la recherche. Il s'agit essentiellement d'une forme unique de recherche sur la politi-

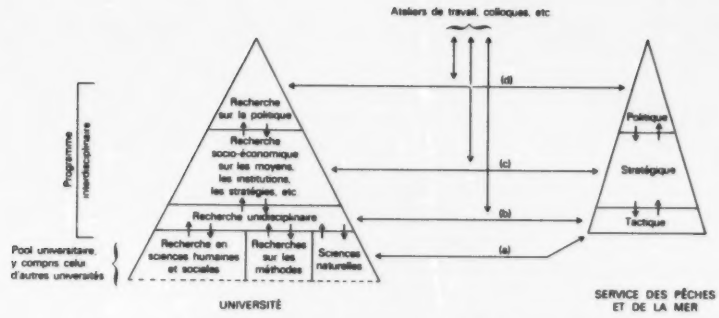


FIG. 8 Rapport entre les universités et le gouvernement.

que: les hypothèses applicables aux niveaux supérieurs peuvent être vérifiées, dans un cadre ordonné, contre nos connaissances des systèmes, tant écologiques qu'humains et sociaux. Trop souvent, la recherche sur la politique est effectuée par des sociologues sans la participation intégrale de scientifiques qui connaissent les paramètres biologiques et physiques du système qui sera affecté.

Afin d'encourager la recherche et d'en retirer le maximum de bénéfices, on devrait prévoir des crédits budgétaires pour resserrer les liens entre le groupe des chercheurs et le Service à tous les niveaux. Pour y arriver, on pourrait organiser des colloques ou des ateliers de travail, ou encore assurer une forme quelconque de participation intégrale des fonctionnaires à la recherche, comme le montre la figure 8. On devrait également s'efforcer d'établir des liens avec les autres groupes de clients, tels les organismes provinciaux, l'industrie, les unions et les organisations d'intérêt public. De tels liens ont de nombreux avantages: accélérer le rythme d'application des connaissances, favoriser la formulation et la vérification de nouvelles hypothèses et éliminer les barrières institutionnelles. En fait, les programmes universitaires pourraient fort bien servir à trancher les difficultés qui peuvent surgir entre des groupes de clients dont les intérêts sont divergents.

Les programmes de subventions du Ministère devraient être consolidés de façon à aider la recherche dans les universités qui ont déjà de solides programmes intégrés en gestion des ressources. À cause de la rareté de programmes de ce genre, une partie des subventions du Service des pêches et de la mer et autres programmes du ministère des Pêches et de l'Environnement devraient être consacrés à la mise en place de programmes intégrés dans des universités clés, peut-être bien dans le cadre du programme de l'homme et de la biosphère.

Comme de telles mesures devront être adoptées en période d'austérité, il faudra considérer diverses stratégies afin de retirer le maximum de bénéfices des dollars investis. On devrait s'assurer la coopération d'autres Services ou ministères, d'organismes provinciaux, d'industries à intérêts identiques ou réciproques, et de la communauté universitaire elle-même, afin d'encourager l'adoption de méthodes intégrées de recherche. Par exemple, le ministère des Pêches de la Nouvelle-Écosse, les ministères fédéraux de la Main-d'Oeuvre, de l'Expansion économique régionale et le Secrétariat d'État accordent tous une aide à la recherche en sciences sociales ou sur la politique à l'Université Dalhousie, recherche directement applicable à la gestion des récoltes en fonction du rendement optimal soutenu. De plus, cette université appuie fortement les méthodes intégrées, comme le démontrent la formation de l'*Institute of Environmental Studies et de l'Institute of Governmental Studies* et les plans en vue de l'établissement d'un institut de gestion qui agirait comme corps « sénatorial » englobant les instituts existants.

Parmi les autres moyens d'étirer les quelques dollars disponibles, on compte: la concentration de l'aide à un nombre relativement faible d'universités; l'étroite collaboration avec le Conseil national de recherches et le Conseil des arts du Canada, afin d'assurer l'appui interdisciplinaire nécessaire; l'intégration des programmes de subventions aux universités, des bourses et de l'embauchement d'étudiants, ainsi que l'accès aux installations et aux navires afin d'encourager, chez les étudiants et les professeurs, les échanges de vues et la compréhension des contextes tels que définis précédemment; l'encouragement aux transferts et aux congés d'études et de perfectionnement des scientifiques du Service des pêches et de la mer [11], surtout dans les universités

[11] Caissie et Willmer (1976) donnent un résumé de la situation actuelle.

clés qui auront été choisies comme récipiendaires d'une aide substantielle; l'encouragement au transfert ou au détachement de professeurs de ces mêmes universités vers le gouvernement et l'encouragement aux travaux effectués sous contrat dans ces universités.

6.4 Formation en vue de la demande future

À cause du peu d'information permettant un examen détaillé de la demande en diplômés universitaires, Statistiques Canada, en coopération avec le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie, a fait récemment une enquête auprès de 138 000 personnes qui se disaient détentrices d'un diplôme universitaire lors du recensement de 1971 (Statistics Canada 1974). Il s'agissait essentiellement d'un relevé des emplois occupés par les diplômés universitaires et de la situation quant à l'offre et à la demande sur le marché. Pour certaines professions, concernant des domaines tels que la santé et le génie, il y a des rapports relativement étroits entre la formation et l'occupation; ceci n'est pas le cas d'autres professions, ayant trait à des domaines tels que les beaux-arts, les mathématiques et la physique. L'agriculture et la biologie offrent un degré intermédiaire de correspondance. Les diplômés dans ces domaines ont donc de la difficulté à trouver un emploi dans le champ de leur spécialité. Il semble que la main-d'œuvre actuelle peut répondre au besoin accru en biologistes. D'après cette étude, il faudrait s'intéresser davantage, dans nos prévisions, aux emplois à étroite correspondance entre la formation et la profession (i.e. ceux pour lesquels une offre limitée entraîne un marché fermé). C'est le cas de l'art dentaire, de la médecine, du droit et de certaines branches du génie.

Des études de ce genre, qui dépendent de tendances passées pour prédire des besoins futurs, ont certaines faiblesses. En premier lieu, si, aux yeux des dirigeants ces tendances sont linéaires, il en résulterait probablement une série de prévisions se réalisant automatiquement. On s'est efforcé de démontrer dans la présente étude que, dans ce monde rapidement changeant, les décisions concernant l'avenir doivent être fondées sur autre chose qu'un prolongement du *statu quo* (Triste 1969). En second lieu, dans le climat économique actuel, le gouvernement tend à intervenir de plus en plus dans la formation et la recherche universitaires. La réaction de la communauté universitaire à cette tendance a été d'explorer les besoins d'une planification à long terme (Trotter et Carrothers 1974). Toute planification à long terme devra tenir compte du rôle. Le marché du travail exigera-t-il que l'on continue de mettre l'accent sur une formation unidisciplinaire? Ou devra-t-on opter pour une formation plus générale, centrée peut-être sur un domaine pour lequel l'étudiant porte un intérêt particulier? Cette formation générale semble la mieux appropriée aux besoins de la gestion des ressources décrits au chapitre précédent. Cette question ne peut toutefois être résolue du jour au lendemain. Par ailleurs, en évaluant la demande en diplômés, il faudrait éviter de se baser sur les prévisions pour justifier le maintien du *statu quo*.

Il est bien évident que la présente étude ne peut traiter à fond la question de la demande. Cependant, ne serait-ce que pour s'assurer que les besoins futurs en scientifiques seront satisfaits, les ministères se doivent d'encourager une étroite liaison et un dialogue continu avec la communauté universitaire dans les domaines qui les intéressent. Au ministère des Pêches et de l'Environnement (y compris le Service des pêches et de la mer), les mesures relatives aux questions universitaires, telles que l'aide, les rapports plus étroits et l'éducation, ont été relativement inefficaces.

7. Conclusion

Dans le contexte général des problèmes mondiaux, d'une politique scientifique et d'une nouvelle conception de l'environnement, de la gestion des ressources et de la science elle-même, nous avons tâché d'indiquer des moyens de rendre notre effort national plus pertinent dans le domaine des sciences halieutiques et aquatiques. Il est certain que les activités scientifiques des ministères doivent être liées aux opérations et à l'action directoriale de gestion. On a déjà fait certains changements organisationnels à cette fin au Service des pêches et de la mer. Certains prétendront que ces changements, visant à associer plus étroitement les scientifiques aux opérations, nuiront à une recherche à long terme dont on a grand besoin. Nous savons que les procédures actuelles de planification, de gestion, et d'administration reflètent des vues à court terme et imposent des contraintes aux activités à long terme; nous recommandons donc des mesures susceptibles d'atténuer ces contraintes.

À notre avis, l'introduction d'approches systématiques et la participation du personnel scientifique aux décisions relatives aux opérations, à la gestion et à la politique contribuerait à une meilleure utilisation des connaissances scientifiques dans le processus décisionnel. Une telle méthode permettrait en outre au système d'être

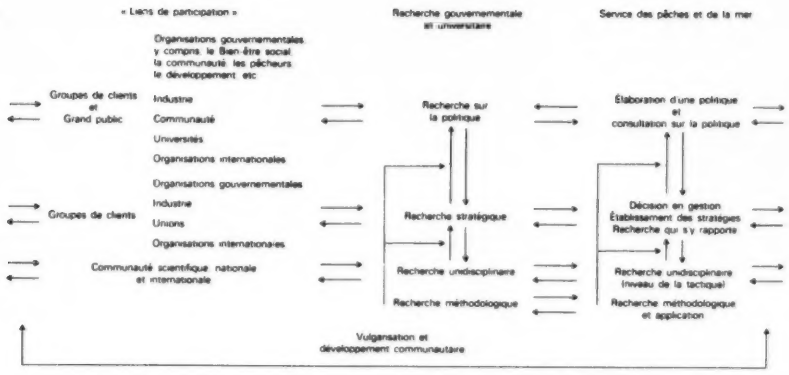


FIG. 9 Cadre d'une science halieutique et aquatique « pertinente ».

plus ouvert à ce que les scientifiques et leur savoir peuvent offrir. Les scientifiques et les groupes opérationnels devront donc être en étroit contact, tant au point de vue organisationnel que méthodologique. Nous considérons comme pertinentes les techniques désignées sous le terme d'analyse appliquée des systèmes. Nous décrivons des cas où il y aurait avantage à appliquer et vérifier ces techniques.

L'analyse appliquée des systèmes faciliterait l'évolution d'une politique holistique et la mise en place d'une stratégie. La façon dont on conçoit aujourd'hui les problèmes touchant les ressources et l'environnement reflètent ce besoin. Il nous faut cependant attaquer d'autres problèmes, entre autres la façon de mieux utiliser les connaissances en sciences humaines et sociales.

S'il est juste qu'il nous faille trouver les moyens d'attaquer les problèmes touchant les ressources et l'environnement d'une façon plus holistique, il s'ensuit que l'effort consacré aux sciences naturelles réussira en autant qu'on pourra transférer avec succès les connaissances en sciences humaines et sociales dans les domaines de la politique et de la stratégie. Au gouvernement, une recherche innovatrice en sciences humaines et sociales est limitée par les structures mêmes à l'intérieur desquelles cette recherche doit se poursuivre.

Afin de résoudre ce problème, à court terme par la recherche et à long terme par l'éducation, il faudra de meilleurs rapports entre la communauté universitaire et le gouvernement. Le point fort de l'université a été pendant longtemps cette liberté d'innover. Nous soutenons donc que, dans les universités, une recherche interdisciplinaire qui mettrait l'accent sur l'application des connaissances à la politique et sur la participation des sciences humaines, sociales et naturelles, favoriserait, au gouvernement, l'innovation à tous les niveaux, soit politique, stratégique et tactique. Nous analysons les effets qu'aurait sur l'éducation une recherche englobant de multiples aspects. Les besoins futurs en éducation seront fondés sur une nouvelle conception des problèmes courants. Les diplômés devront donc mieux comprendre le contexte dans lequel ils auront à travailler et l'éventail de systèmes de recherche à leur disposition.

Une politique d'aide aux universités est intimement liée à un programme scientifique pertinent au Service des pêches et de la mer. Les programmes universitaires innovateurs à tous les niveaux (politique, stratégique et tactique), et réalisés en étroite collaboration avec le Service des pêches et de la mer et les autres clients, y compris l'industrie, ont un rôle clé à jouer dans la création d'une science halieutique et aquatique. La figure 9 représente schématiquement un programme scientifique pertinent, tel que nous l'entendons dans le présent rapport. Il s'agit essentiellement de groupes ayant des intérêts divers, représentés dans un cadre de recherche de la connaissance et dépassant le mandat d'un seul ministère. L'objectif est d'attaquer les problèmes dans leur ensemble. Les diverses initiatives mentionnées ici se complètent les unes les autres; c'est pourquoi on devra agir sur tous les fronts en même temps. Dans certains domaines, des initiatives ont déjà été prises; dans d'autres, des précédents ont été créés; dans d'autres encore, des tendances se dessinent. Voici quelques exemples:

a) les changements organisationnels au Service des pêches et de la mer sont conformes aux exigences d'une science pertinente;

b) la notion de gestion des pêches change rapidement: d'une gestion de « ressources possédées en commun et accessibles à tous » elle passe

à une gestion qui reconnaît l'interdépendance des paramètres humains, sociaux, écologiques et économiques;

c) plusieurs initiatives récentes démontrent que l'on reconnaît le besoin d'une approche holistique à l'étude des problèmes touchant les ressources; notons, entre autres: (i) l'utilisation plus répandue de l'analyse appliquée des systèmes et l'élargissement des modèles écologiques de façon à inclure les paramètres sociaux et économiques; (ii) l'appui gouvernemental accordé au programme de l'homme et de la biosphère; (iii) les initiatives prises au Service des pêches et de la mer en vue d'établir un lien entre les intérêts et d'améliorer le processus décisionnel et l'élaboration des politiques; (iv) la Loi sur les ressources en eaux du Canada et les initiatives prises par l'ancien Comité consultatif national de recherche sur les ressources en eaux en vue d'établir plusieurs centres de recherche interdisciplinaire et pluridisciplinaire sur les ressources en eau dans des universités canadiennes;

d) l'essai, par la communauté universitaire, de nouvelles méthodes en pédagogie et en recherche, l'intérêt croissant accordé à une recherche portant sur la synthèse des connaissances, et le fait que des initiatives de ce genre soient reconnues et encouragées par les gouvernements;

e) l'effort renouvelé des gouvernements en vue de rationaliser le financement de la recherche universitaire et une meilleure conscience, dans les universités, du rôle qu'elles ont à remplir;

f) les initiatives se rapportant à la gestion des pêches, à l'extension de la juridiction canadienne sur les eaux du large (y compris la participation du Canada à la Conférence sur le droit de la mer), et, enfin, à l'élaboration d'une politique sur les océans.

Ce qui précède peut servir de base à un programme national pertinent en sciences halieutiques et aquatiques. Les étapes qui en assureront le progrès et que nous mentionnons dans le présent rapport sont:

a) la reconnaissance formelle, dans la politique scientifique, d'un objectif écologique pour la recherche;

b) l'encouragement à la recherche et à l'éducation interdisciplinaires dans les universités;

c) la formulation de politiques nationales dans les domaines de l'aquiculture, de l'utilisation des produits, de la qualité de l'environnement aquatique, de la gestion de la zone côtière, des estuaires et des lacs;

d) l'introduction de l'analyse appliquée des systèmes afin de faciliter un transfert ordonné des connaissances dans l'établissement de politiques et de stratégies;

e) la mise sur pied d'un programme visant à resserrer les liens entre le Service des pêches et de la mer, la communauté universitaire et les autres clients de la recherche universitaire.

8. Références

ABRAMS, J.W., 1965, Implementation of operation research: A problem in sociology, Can. Oper. Res. Soc. J. 3: 152–160.

ANONYME, 1973, A proposal for improving the management of the Great Lakes in Canada and the United States, Can.–U.S. University Seminar (1971–1972), Cornell Univ., Ithaca, N.Y., 76 p.

ASSOCIATION DES UNIVERSITÉS ET COLLÈGES DU CANADA, 1976, Délibérations du séminaire sur les universités canadiennes, Université McGill, Ottawa, 147 p.

BONNEAU, L.P. et J.A. CORRY, 1972, Commission d'étude sur la recherche universitaire, Association des universités et collèges du Canada, Ottawa, 207 p.

BOULDING, K.E., 1956, General systems theory: The skeleton of science, Manage. Sci. 2: 2–30.

CAISSIE, P.M. et J.S. WILLMER, 1976, Scientific resources for fisheries and aquatic sciences in Canada: the present federal situation, Fish. Res. Board Can. Background Study No. 13: 173 p.

PROGRAMME SUR L'HOMME ET LA BIOSPHÈRE DU CANADA, 1975, Processus d'évaluation: choix de projets et révision du programme, Rapport N° 5: 36 p.

1976, Sous-programme sur les écosystèmes côtiers: cadre de référence, Rapport N° 7: 19 p.

CANADIAN COMMITTEE ON OCEANOGRAPHY, 1976, Confidential report to the committee on grants and scholarships on the marine science faculties of Canadian universities, NRC (Natl. Res. Counc. Can.) 42 p.

CARTWRIGHT, T.V. et M. CHEVALIER, 1972, A research subvention policy for the Department of the Environment, Environ. Can. (épuisé).

CHEVALIER, M., 1969, Social science and water management: A planning strategy, Policy and Planning Branch, Dep. Energy Mines Resour. 26 p.

CHEVALIER, M., L. BAILEY et T. BURNS, 1972, Toward a framework for large-scale problem management, Hum. Relat. 1: 43–69.

CHEVALIER, M. et T. BURNS, 1977, Gestion publique: approche globale par champ d'activités, Centre de spéculation sur les perspectives d'avenir, Environnement Canada.

CLARK, T.E., 1975, A technological innovation management training program for Canada, A report of the Innovation Manage. Inst. of Can., Ottawa, 44 p.

DORSEY, A.H.Y., éd., 1976, The uncertain future of the Lower Fraser Westwater Research Centre, University of British Columbia Press, Vancouver, C.-B., 202 p.

ENVIRONMENT CANADA, 1974, Proceedings of the government-industry meeting on utilization of Atlantic marine resources, Fisheries and Marine Service.

1975, Rapport sur la formation à la gestion des scientifiques et des techniciens, Service de la planification et des finances, 70 p.

FOSTER, H.D., 1969, Geomorphology: academic exercise or social necessity, Can. Geogr. XIII: 3.

FRIEDMAN, J., 1967, A conceptual model for the analysis of planning behaviour, Admin. Sci. Q., p. 225–252.

GIBBONS, M. et R. VOYER, 1974, Un méchanisme de prospective technologique — Le cas de la recherche du pétrole sous-marin sur le littoral atlantique, Étude et documentation Nº 30: 116 p.

GREGORY, B.P., 1975, Science and discovery in France, R. Soc. J. LXXIII.

HAMILTON, R.D., 1976, Aquatic environmental quality: toxicology, J. Fish. Res. Board Can. 33: 2671–2688.

HARVEY, H.H., 1976, Aquatic environmental quality: problems and proposals, J. Fish. Res. Board Can. 33: 2634–2670.

HAYS, F.R., 1968, The Fisheries Research Board of Canada: Planning for the Next Decade, FRB Internal Document, 51 p.

JANTSCH, E., 1972, Technology planning and social future, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., 256 p.

JOHNSON, A.W., 1975, New perspective for economic policy, Massey College Lecture Series, 1974–75.

KUHN, T.S., 1970, The structure of scientific revolutions, University of Chicago Press, Chicago, Ill., 172 p.

LEWELL, P.A., 1975, Research development relative to utilization of renewable aquatic resources, Fish. Res. Board Can. Background Study No. 2, Fredericton, 75 p.

LOFTUS, K.H., 1976, Science for Canada's fisheries rehabilitation needs, J. Fish. Res. Board Can. 33: 1822–1857.

MACDONALD, J.B., 1969, Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes, Conseil des Sciences du Canada, Étude spéciale Nº 7: 397 p.

MANN, C.R., 1976, Physical oceanography in Canada, J. Fish. Res. Board Can. 33: 1411–1433.

1976b, Chemical oceanography in Canada, J. Fish. Res. Board Can. 33: 1451–1469.

MARUYAMA, M., 1973, A new logical model for future research, Futures (Oct.): 435–437.

MCCRACKEN, F.D. et R.D.S. MACDONALD, 1976, Science for Atlantic inshore seas fisheries, J. Fish. Res. Board Can. 33: 2097–2139.

MITROFF, I.I. et L.R. PONDY, 1974, On the organization of enquiry. A comparison of some radically different approaches to policy analysis, Public Admin. Rev. 5: 471–479.

ODEGARD, H.P., 1971, The politics of truth. University of Alabama Press, Montgomery, Ala.

PARSONS, T.R., 1975, Biological oceanography in Canada: a perspective and review, J. Fish. Res. Board Can. 32: 2231–2285.

PERRY, W.J., 1968, Forms of intellectual and ethical development in the college years. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, N.Y., 256 p.

POPPER, K., 1959, The logic of scientific discovery, Basic Books, New York, N.Y.

PRITCHARD, G.I., 1976, Structured aquaculture development with a Canadian perspective, J. Fish. Res. Board Can. 33: 855–870.

REGIER, H.A., 1976a, Trandisciplinary research centres oriented to regional fisheries problems. Fish. Res. Board Can. Background Study No. 14a: 17 p.

1976b, A balanced science of renewable resources with particular reference to fisheries, Inst. Environ. Stud., Univ. Toronto, Toronto, Ont. 150 p.

1976c, Science for the scattered fisheries of the Canadian interior, J. Fish. Res. Board Can. 33: 1213–1232.

REGIER, H.A. et F.D. MCCRACKEN, 1975, Science for Canada's shelf-seas fisheries, J. Fish. Res. Board Can. 32: 1887–1932.

RITTLE, H.W.J. et M.M. WEBBER, 1973, Dilemmas in a general theory of planning, Policy Sci. 4: 155–159.

RHYNE, R.F., 1971, Projecting whole-body future patterns — the field anomaly relaxation (far) method. Natl. Cent. Res. Dev. U.S. Off. Educ., Washington, D.C. 69 p.

ROEDEL, P., éd., 1971, Optimum sustainable yield as a concept in fisheries management. Proceedings of a symposium held during the 104th Annual Meeting of the American Fisheries Society, Honolulu, Hawaii, September 9, 1974, Am. Fish. Soc. Spec. Publ. No. 9.

SEWELL, W.R.D., 1975, Social sciences and resources management in Canada: the need for vision, document préparé pour la Conférence nationale sur les sciences sociales (du 20 au 23 novembre 1975), dont le thème était « Les sciences sociales et l'orientation politique générale au Canada », Soc. Sci. Res. Counc.

STATISTICS CANADA, 1974, The Ministry of State for Science and Technology: highly qualified manpower, Past census survey (1973), Ottawa, 66 p.

SWAINSON, N.A., éd., 1976, Managing the water environment, University of British Columbia Press, Vancouver, C.-B., 256 p.

TRISTE, E.L., 1969, On socio-technical systems, dans The planning of change, Holt Rinehart and Winston, Inc., New York, N.Y., p. 269–281.

TROTTER, B. et A.W.R. CARROTHERS, 1974, Planifier pour planifier, AUCC (Association des universités et collèges du Canada), 84 p.

VICKERS, G., 1967, Planning and policy making, Polit. Q. 38: 253–265.

WHITE, O. et B.L. GATES, 1974, Statistical theory and equity in delivering of social services, Public Admin. Rev. 1: 43–51.

WYNNE-EDWARDS, H.R. et E.R.W. NEALE, 1976, Scientists must reverse priorities and invert the "knowledge pyramid", Sci. Forum 49, vol. 9(1).